



Diogo José Alves Miranda

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Estudo Comparativo do Sistema de
Captação Horizontal vs Vertical de
Biogás e Avaliação do Potencial de
Captação. Caso de Estudo: Aterro do
Seixal – Célula C - AMARSUL S.A.**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente – Perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professor Auxiliar Convidado e Mestre Artur
João Lopes Cabeças, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria da Graça Madeira Martinho
Arguente: Mestre Rui Rosado de Sousa Soares
Vogal: Mestre Artur João Lopes Cabeças



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2015



Diogo José Alves Miranda

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Estudo Comparativo do Sistema de
Captação Horizontal vs Vertical de
Biogás e Avaliação do Potencial de
Captação. Caso de Estudo: Aterro do
Seixal – Célula C - AMARSUL S.A.**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente – Perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professor Auxiliar Convidado e Mestre Artur
João Lopes Cabeças, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria da Graça Madeira Martinho
Arguente: Mestre Rui Rosado de Sousa Dores
Vogal: Mestre Artur João Lopes Cabeças



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2015

Estudo Comparativo do Sistema de Captação Horizontal vs Vertical de Biogás e Avaliação do Potencial de Captação. Caso de Estudo: Aterro do Seixal – Célula C - AMARSUL S.A.

© Copyright em nome de Diogo José Alves Miranda, da FCT/UNL e da UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Para a pessoa que mais admiro, a avó Glória.

Agradecimentos

Ao meu orientador, o professor Artur Cabeças, agradeço por todo o apoio na estruturação e produção desta dissertação, pela ajuda prestada e pelos conselhos dados.

Ao Eng. Luís Santos, da AMARSUL S.A., pela ajuda na definição da zona de estudo e pela informação disponibilizada.

Ao Paulo Almeida, técnico responsável pelo sistema de aproveitamento energético do biogás do ecoparque do Seixal, que sempre esteve disponível para mim, por todo o ensino e ajuda no trabalho de campo realizado.

À minha mãe e ao meu pai, por todo o amor, por se sacrificarem diariamente para que nunca me faltasse nada e principalmente pela educação que me deram. Que saibam que mesmo que eu nunca diga, amo-vos muito.

À minha avó Glória e à minha tia Teresa, que juntamente com os meus pais merecem todos os louros. Ninguém trabalhou tanto numa vida como a minha avó, obrigado por me teres acordado muitos dias para eu não perder o autocarro para a escola, mesmo não sendo fácil para ti subires as escadas e obrigado por todos os pequenos-almoços. À minha tia Teresa, minha segunda mãe, agradeço por ser a pessoa que mais me faz rir, mesmo sem saber.

A todos os meus colegas e amigos que conheci na FCT, em especial à Andreia Santos e ao João Lopes, por toda a amizade e ajuda na superação deste curso, através dos trabalhos que entregámos em cima da hora.

Ao Pedro Abreu, maior maritimista da história desse clube, pela amizade e companheirismo. Ao Luís Luís e ao Luís Patriarca, por serem os melhores colegas de casa que uma pessoa pode ter.

À dona Carlota e ao senhor Guilherme, assim como a toda a vossa família, por me terem acolhido quando cheguei ao Monte da Caparica e me terem tratado como se aí tivesse nascido.

Um agradecimento especial a todas as pessoas que contribuíram para a minha formação e educação, desde professores que me ensinaram dos 4 aos 24 anos, treinadores de futebol, funcionários, colegas de escola e no desporto.

Por fim, por me teres ensinado o que é o amor, pelo que partilhaste comigo, por me teres aturado, muitas vezes sem saberes como era possível, muito obrigado. Foste o melhor que me aconteceu na vida. Amo-te Diana Miranda.

Resumo

Tendo presente a legislação, um dos requisitos necessários no sistema de protecção ambiental de um aterro sanitário é o sistema de extracção, drenagem e queima/aproveitamento do biogás, prevenindo a sua emissão direta para a atmosfera e, deste modo, contribuir para a redução/eliminação do efeito de estufa que este tipo de gás promove, nomeadamente através do seu principal constituinte, o metano.

A captação do biogás num aterro sanitário pode ser realizada por drenos (tubagem PEAD perfurada a 360º) que se introduzem na massa de resíduos depositada em aterro, quer segundo alinhamento vertical ou horizontal em patamares distintos ou, ainda, através da conjugação dos alinhamentos em patamares comuns.

Com o objetivo de se poder avaliar qual o potencial de captação de biogás segundo cada um daqueles alinhamentos, desenvolveu-se o caso de estudo que se apresenta, efetuado numa zona piloto da célula C do Aterro Sanitário do Seixal da AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. Os trabalhos de campo iniciaram-se com a análise do estado de decomposição dos resíduos existentes na zona piloto, considerando o respectivo período temporal ocorrido desde a sua deposição na zona.

A zona piloto onde se interveio dispõe de vinte e cinco drenos horizontais e sete drenos verticais. Para avaliar a interacção entre os drenos, realizaram-se várias intervenções para uma análise comparativa, ou seja; procedeu-se ao fecho dos drenos verticais e medição nos horizontais, ao fecho dos drenos horizontais e medição nos verticais, ambos abertos e medição em ambos, para além de se ter procedido a rega da zona piloto para avaliação do efeito da humidade e da sua carência na massa de resíduos, uma vez que é um factor fundamental para o desenvolvimento das bactérias geradoras de metano. A monitorização contínua do biogás consistiu na medição/monitorização dos três constituintes principais do biogás captado em cada dreno, ou sejam, o metano (CH_4), o dióxido de carbono (CO_2) e o oxigénio (O_2). Em simultâneo efetuaram-se as medições da pressão total (P_t) em cada dreno (na tubagem que liga a cada ERM) bem como o caudal (Q) extraído por depressão provocada na massa de resíduos.

Para a análise e comparação dos resultados obtidos, estruturou-se o estudo segundo as três situações existentes na zona piloto, a saber; drenos verticais, drenos horizontais do patamar superior e, drenos horizontais do patamar inferior.

Com base nos resultados obtidos conclui-se que o presente estudo poderá ser um importante contributo para a instalação de drenos de captação de biogás em aterro, assim como para a gestão diária dos respetivos drenos de modo a serem alcançados melhores rendimentos, tendo em conta os observados na zona piloto.

Palavras-chave: Aterro Sanitário, Biogás, Metano, Monitorização, Drenos Verticais, Drenos Horizontais, Humidade, Energia

Abstract

According to the legislation, one of the requirements needed for a landfill environmental protection system is the extraction, drainage and burning system, that prevents the escape of the biogas to the atmosphere. This system contributes to the reduction/elimination of green house effects promoted by biogas, due to its major constituent, methane.

The captation of biogas in a sanitary landfill can be done using pipes (perforated at 360°) introduced in the waste mass, according to a vertical or horizontal disposition in different floors. This two methods can be joined to improve yields, assuming the form of a matrix in the waste mass.

To evaluate the biogas captation potencial assuming the two methods explained above, a case study was developed in the cell C of the sanitary landfill of Seixal, which belongs to AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

The fieldwork began with the waste decomposition state analysis, considering the period of time of waste deposition in the pilot zone.

The pilot zone contains twenty five horizontal wells and seven vertical wells. To evaluate the interaction between drains, in a comparative way; the vertical drains were shutted down and the horizontal drains were measured, the horizontal drains were shutted down and the vertical drains were measured, and the two open systems were measured. The pilot zone was irrigated in order to evaluate a possible lack of moisture in the waste mass, a crucial factor to the development of methanogenic bacterias.

The continuous monitorization of the biogas was made by measuring its three major constituents, methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and oxigen (O₂), as well as by the measurement of total pressure (Pt) in the pipe and flow rate (Q) aspirated.

To the analysis and comparision of the collected data, the wells were sectioned in three parcels, vertical wells, upper floor horizontal wells and bottom floor horizontal wells.

This study revealed to be important to project new instalations of biogas extraction wells, as well as to do the diary management of wells, in order to increase future yields.

Keywords: Landfill, Biogas, Methane, Monitorization, Vertical Wells, Horizontal Wells, Moisture, Energy

Índice de Matérias

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e Justificação do Estudo	1
1.2. Objectivos da Dissertação	2
1.3. Estrutura da Dissertação	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Produção de resíduos. Situação em Portugal Continental	5
2.2. Política Nacional e Legislação	7
2.3. Parâmetros e Características dos Resíduos	7
2.4. Confinamento técnico. Aterro Sanitário	9
2.4.1. Sistemas de Protecção Ambiental	10
2.4.2. Águas Lixiviantes	13
2.4.3. Biogás. Constituição, migração, controlo e aproveitamento energético.	16
2.4.4. Métodos de Exploração do Aterro	25
2.4.5. Estrutura de Encerramento	26
2.4.6. Monitorização	27
2.5. Modelos Teóricos de Previsão de Produção de Biogás	29
2.5.1. Palos Verdes	29
2.5.2. Sheldon-Arleta	30
2.5.3. Scholl Canyon	30
2.5.4. MGM EMCON	30
2.5.5. LandGEM	31
3. CASO DE ESTUDO. Célula C- ATERRO DO SEIXAL	33
3.1. AMARSUL SA. Aterro Sanitário do Seixal	33
3.2. Situação do Aterro e descrição da problemática em estudo	35
3.2.1. Produção de biogás e energia eléctrica no aterro sanitário do Seixal	35
3.2.2. Comparação da produção de energia eléctrica com outros aterros com tipologia semelhante	44
3.2.3. Emissões	45
3.2.4. Influência da Localização Geográfica	47
3.3. Sistemas de captação de biogás aplicados ao caso de estudo	48
3.4. Descrição do processo – Metodologia aplicada para a comparação dos diferentes sistemas de captação de biogás	48
4. RESULTADOS OBTIDOS	51
4.1. Monitorização Contínua de Drenos de Extracção	51
4.2. Fecho dos Drenos Verticais	57
4.3. Fecho dos Drenos Horizontais	60
4.4. Adição de Humidade ao Solo com Água	61
4.5. Época Seca	66
4.6. Produção de Energia e Análise Económica	67

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO	71
5.1. Drenos Horizontais do Patamar Superior	71
5.2. Drenos Horizontais do Patamar Inferior	72
5.3. Drenos Verticais	73
5.4. Interação entre Drenos	74
5.5. Produção de Energia	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
6.1. Síntese	75
6.2. Limitações	76
6.3. Desenvolvimentos Futuros	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

Índice de Figuras

Figura 2.1 - RSU recolhidos (Mt) em Portugal e % de Resíduos Depositados em Aterro, 1995-2013	5
Figura 2.2 - RUB na recolha selectiva (kt) em Portugal, 2005-2013	6
Figura 2.3 – Vista geral de sistema de extracção e de captação de biogás com aproveitamento energético	12
Figura 2.4 – Esquema de sistema de aproveitamento eléctrico de biogás (SAEB)	13
Figura 2.5 – Digestão Anaeróbia.....	18
Figura 2.6 – Evolução dos produtos da degradação dos RS num aterro sanitário	19
Figura 2.7 – Migração do biogás do interior da massa de resíduos para o exterior.....	20
Figura 2.8 – Diagrama de explosividade de mistura metano-ar-dióxido de carbono e metano-ar-azoto	22
Figura 2.9 – Efeito espacial da migração do biogás para além das fronteiras do aterro.....	23
Figura 3.1 – Sistema Multimunicipal da AMARSUL.....	33
Figura 3.2 – Frente de deposição de resíduos actual no aterro do Seixal, célula C.	34
Figura 3.3 – Pormenor do poço vertical V4 e poço horizontal H46	36
Figura 3.4 – Pormenor do poço H34, com válvula manual de controlo de saída de gás	37
Figura 3.5 – Pormenor do colector perimetral de biogás	37
Figura 3.6 – Pormenor de válvula manual de desvio de condensados	38
Figura 3.7 – Pormenor da estação de regularização e medição de caudal do biogás.....	38
Figura 3.8 – Contentores dos motogeradores 1 e 2 do SAEB do ASS	39
Figura 3.9 – Pormenor do motogerador 1 do SAEB do ASS	39
Figura 3.10 – Pormenor do desvio de biogás para queima no flare	39
Figura 3.11 – Delimitação da zona piloto de estudo na célula C do aterro sanitário do Seixal..	40
Figura 3.12 – Produção Teórica de Metano na Zona Piloto	42
Figura 3.13 – Potencial Teórico de Energia da zona piloto e Energia Real Produzida Anualmente no SAEB do ASS.	43
Figura 3.14 - Potencial Teórico de Energia do ASS vs Energia Real Produzida no SAEB do ASS	44
Figura 3.15 – Emissões de CH ₄ e CO ₂ com e sem SAEB no ASS.....	47
Figura 3.16 – Emissões de produtos de combustíveis fósseis evitadas pelo uso do SAEB do ASS.	47
Figura 3.18 – Esquema da zona piloto a estudar, com planta dos poços verticais (V) e perfil dos poços horizontais (H), sem escala.	49
Figura 3.19 – Gas Data GFM 436 e pormenor de entrada de tubagens para medição de gases (A), pressão (B) e caudal (C).....	50
Figura 4.1 - Média de CH ₄ , CO ₂ e O ₂ dos poços horizontais do patamar superior	51
Figura 4.2 - Pressão média dos poços horizontais do patamar superior	52
Figura 4.3 - Caudal médio dos poços horizontais do patamar superior	52

Figura 4.4 – Inserção dos poços horizontais do patamar superior na zona piloto	53
Figura 4.5 - Média de CH ₄ , CO ₂ e O ₂ dos poços horizontais do patamar inferior	53
Figura 4.6 - Pressão média dos poços horizontais do patamar inferior.....	54
Figura 4.7 - Caudal médio dos poços horizontais do patamar inferior	54
Figura 4.8 – Inserção dos poços horizontais do patamar inferior na zona piloto	55
Figura 4.9 – Média de CH ₄ , CO ₂ e O ₂ dos poços verticais.	56
Figura 4.10 – Pressão média dos poços verticais	56
Figura 4.11 – Caudal médio dos poços verticais	56
Figura 4.12 – Disposição na zona piloto e raio de influência dos poços verticais	57
Figura 4.13 - Média Diária de Caudal de Metano Extraído por Conjunto de Poços.....	66
Figura 4.14 – Produção de energia (KWh/ano) no SAEB do ASS para cada poços horizontais estudados	67
Figura 4.15 – Produção de energia (KWh/ano) no SAEB do ASS para cada poços verticais estudados.....	68
Figura 4.16 – Receita obtida pela venda de energia produzida indirectamente pelos oços horizontais.....	69
Figura 4.17 - Receita obtida pela venda de energia produzida indirectamente pelos poços verticais.....	69

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Parâmetros de lixiviado produzido por resíduos depositados em aterro com menos de dois anos e com mais de dez anos	14
Tabela 2.2 – Controlo de Lixividos	28
Tabela 2.3 – Controlo de Águas Subterrâneas.....	28
Tabela 3.1 – População residente, área e densidade populacional dos concelhos servidos pela AMARSUL	33
Tabela 3.2 – Autocontrolo da ETAR da Quinta da Bomba	35
Tabela 3.3 – Características do Biogás extraído no ASS no ano de 2012.....	35
Tabela 3.4 – Biogás valorizado, horas de funcionamento dos motores e aproveitamento energético do ASS.	36
Tabela 3.5 – Volume de RSU calculados para a zona piloto entre os anos de 2001 e 2014. ...	41
Tabela 3.6 – Parâmetros a introduzir no modelo LandGEM.....	42
Tabela 3.7 – Valores de L_0 e k para os sistemas em comparação	44
Tabela 3.8 – Estimativa da produção de energia produzida no ASS da AMARSUL e em dois aterros de tipologia semelhante, ALGAR e Suldouro.....	45
Tabela 4.1 – Alteração de comportamento dos poços horizontais face ao fecho dos poços verticais (11 a 12 de Junho de 2015)	58
Tabela 4.2 – Alteração de comportamento dos poços horizontais face ao fecho dos poços verticais (15 a 16 de Junho de 2015)	59
Tabela 4.3 - Alteração de comportamento dos poços verticais face ao fecho dos poços horizontais (17 a 18 de Junho de 2015).....	60
Tabela 4.4 - Alteração de comportamento dos poços verticais face ao fecho dos poços horizontais (22 a 24 de Junho de 2015).....	61
Tabela 4.5 - Alteração de comportamento dos poços abrangidos pela área de rega na zona piloto (26 e 27 de Junho de 2015).....	62
Tabela 4.6 - Alteração de comportamento dos poços abrangidos pela área de rega na zona piloto (6 de Julho de 2015).....	63
Tabela 4.7 - Alteração de comportamento dos poços após precipitação forte de 1 de Julho de 2015.....	64

Abreviaturas

AAS – Aterro Sanitário do Seixal

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio ao quinto dia

CDR – Combustível Derivado de Resíduo

COT – Carbono Orgânico Total

CQO – Carência Química de Oxigénio

ENRRUBDA – Estratégia Nacional de Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis
Destinados aos Aterros

EPS – Embalagens de Poliestileno Expandido

ERM – Estação de Regularização e Monitorização

ETAR – Estação de Tratamento de Água Residual

ETAL – Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes

FF – Fonte Emissora

GEE – Gases de Efeito de Estufa

LandGEM – Landfill Gas Emissions Model

LER – Lista Europeia de Resíduos

INE – Instituto Nacional de Estatística

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

PE - Polietileno

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PERSU – Plano Estratégico Resíduos Sólidos Urbanos

PET – Politereftalato de Etileno

PP – Polipropileno

PPRU – Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos

PVC - Policloreto de Vinilo

RAA-ASS – Relatório Ambiental Anual do Aterro Sanitário do Seixal

REEE – Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU – Resíduos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

SAEB – Sistema de Aproveitamento Energético do Biogás

SCE – Sistema de Captação em Estrela

SCH – Sistema de Captação Horizontal

SCV – Sistema de Captação Vertical

SST – Sólidos Suspensos Totais

TM – Tratamento Mecânico

TMB – Tratamento Mecânico e Biológico

Símbolos

CH₄ – Metano

C_nH_aO_b – Compostos Orgânicos

CO₂ – Dióxido de Carbono

CO₂ eq. – Dióxido de Carbono Equivalente

H₂ - Hidrogénio

H₂O – Água

H₂S – Ácido Sulfídrico

k – Coeficiente de Permeabilidade

k – Taxa de Produção de Metano (ano⁻¹)

kt – Quilotoneladas (10³ t)

kW – Quilowatt (10³ W)

MJ – Megajoule (10⁶ J)

MW – Megawatt (10⁶ W)

L₀ – Potencial de Produção de Metano (m³/t)

Mt – Megatoneladas (10⁶ t)

t – Tonelada (10⁶ g)

N – Azoto

NH₄⁺ - Ião Amónio

NO₃⁻ - Nitrato

O₂ – Oxigénio

P - Fósforo

Pt – Pressão Total

Q – Caudal

SO₄ – Sulfato

°C – Graus Celcius

% - Percentagem (10⁻²)

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e Justificação do Estudo

Após a aprovação do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) em 1997, a prioridade no setor dos resíduos em Portugal Continental passou pelo encerramento dos locais onde a descarga dos resíduos se processava sem controlo ou existência de sistemas de proteção ambiental, gerando as lixeiras sempre em auto-combustão. Esta solução primária, com os resíduos depositados a céu aberto, sem cuidados de controlo de efluentes e monitorização, era um foco de propagação de doenças, odores desagradáveis e um local perigoso para os próprios trabalhadores (APA, 2014).

Com o encerramento e selagem das lixeiras foram então desenvolvidas as infraestruturas sanitárias ambientalmente corretas, ou sejam os aterros sanitários, seguindo a sequência de instalações que a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda. Até final de 2002 concluiu-se em Portugal Continental o encerramento das lixeiras e, em simultâneo, entraram em operação 37 aterros sanitários que cumpriam as normas definidas na Directiva Aterros (Directiva nº1991/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril; citado por Silva, 2014).

Contudo, factores como o crescimento económico e o aumento do consumo nos países desenvolvidos levaram a uma maior produção de resíduos cujo destino final recaiu assim, nesta fase em Portugal Continental, nos aterros sanitários construídos em substituição das lixeiras. Ora, sendo os aterros sanitários uma forte fonte de emissão antropogénica de metano (CH_4) para a atmosfera, estimando-se globalmente a sua influência entre 3% e 19% do total de emissões causadas pelo homem (U.S. EPA, 1994; citado por Park *et al*, 2001), a recuperação de biogás do aterro como fonte de energia tornou-se importante. Esta medida contribui assim para o incremento das energias renováveis com evidentes efeitos positivos associados para a diminuição da poluição ambiental (Powell *et al* 1992; Whalen *et al*, 1990; citado por Park *et al*, 2001).

Num aterro sanitário, o biogás gerado pela degradação da matéria orgânica (pela digestão anaeróbia que se processa), consistindo o seu aproveitamento energético, com injeção da energia produzida na Rede Eléctrica Nacional (REN), num valor económico importante em termos de proveitos gerados no aterro. Todavia esta operação necessita de monitorização cuidada, quer no controlo das quantidades produzidas e captadas do biogás, quer para a redução da possibilidade de fugas e eventuais explosões associadas, dado o seu carácter instável em contacto rápido até 5% com o oxigénio. Desta forma é necessário, desde o arranque em operação do aterro, o sistema de captação, drenagem e queima de biogás (fase inicial) e aproveitamento energético (se viável posteriormente), em conformidade com os requisitos exigidos no Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.

O elevado poder calorífico inferior (PCI) do biogás permite aproveitar o seu potencial para, através de motores de combustão do metano, produzir energia para ser injetada na REN. A principal componente do biogás é o metano (CH_4) estando presente em 50% ou mais da

composição global do biogás. O poder calorífico inferior (PCI) do metano é de 50,01 MJ/kg. (Christensen *et al*, 1996).

Ora, um dos factores que influencia a quantidade de biogás captado é o sistema de extracção concebido e instalado. Desta forma torna-se necessário estudar e otimizar os métodos de captação disponíveis com o objetivo de adoptar aquele que maior garantia e eficácia permite na sua captação/extracção.

Os métodos usualmente utilizados no sistema de extracção de biogás de um aterro são:

- o sistema de captação vertical (SCV),
- o sistema de captação horizontal (SCH) ou
- o sistema de captação em estrela (SCE), um mix dos dois sistemas anteriores.

No caso de estudo que se apresenta, suportado em trabalhos de campo realizados na zona piloto da célula C do aterro do Seixal, teve-se como objetivo analisar os sistemas de captação ali colocados e, com base nas medições e alternativas geradas para a sua avaliação, concluir dos níveis de qualidade e quantidade de biogás captado, os efeitos inter-relacionais provocados nos diferentes patamares que suportam os drenos horizontais ali existentes e a eficiência que se obtém em cada um dos sistemas.

1.2. Objectivos da Dissertação

O objectivo desta dissertação consiste no estudo da eficiência de captação do biogás através dos dois métodos de captação existentes na zona piloto da célula C do aterro da AMARSUL, no Seixal. Com este estudo pretende-se avaliar qual o método de captação de biogás que maior potencial de captação se poderá obter na colocação de drenos futuros.

Numa primeira fase determinaram-se de forma empírica (dentro da zona piloto) as áreas de influência que cada um dos métodos de captação do biogás abrangia e, recolheram-se de acordo com um plano de trabalhos definido previamente, os dados relativos à percentagem de metano, dióxido de carbono e oxigénio, assim como a pressão e o caudal produzidos em cada um dos drenos que integravam a zona piloto. A posterior análise e tratamento dos dados realizou-se com recurso aos programas Microsoft Excel e Landfill Gas Emissions Model (LandGEM), de modo a avaliar, analisar e comparar a produção real de biogás medido com a produção teórica expectável para zona piloto em causa.

1.3. Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em oito capítulos, a saber:

- No capítulo inicial aborda-se o ENQUADRAMENTO E A JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO, explicitando-se os objectivos da dissertação e a sua estrutura.
- No capítulo 2 apresenta-se a REVISÃO DE LITERATURA que incide sobre o estado da arte relevante para o estudo, identificando-se as componentes do aterro, os processos químicos

associados à formação do biogás, os sistemas de captação de biogás e o programa utilizado para o tratamento de dados bem como temas relevantes para o estudo.

- No terceiro capítulo apresenta-se o CASO DE ESTUDO realizado no aterro do Seixal, descrevendo-se os trabalhos de campo de acordo com o plano estabelecido e a metodologia aplicada ao trabalho realizado.
- No capítulo 4 elencam-se os RESULTADOS obtidos nas medições efetuadas nos diferentes drenos e segundo as alternativas geradas, quer em termos de quantidade quer de qualidade do biogás captado e enviado para o coletor perimetral que o conduz ao sistema de aproveitamento energético global do aterro.
- A DISCUSSÃO DOS RESULTADOS é apresentada no capítulo 5 onde se conjugam os valores obtidos nas medições de quantidade e qualidade do biogás nos vários métodos de captação.
- As CONCLUSÕES obtidas constam do capítulo 6, seguindo-se no capítulo 7 as considerações finais relativas às LIMITAÇÕES DO ESTUDO e SUGESTÕES para desenvolvimentos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Produção de resíduos. Situação em Portugal Continental

Em 1995, existiam em Portugal cerca de 300 lixeiras a céu aberto, com todos os impactes negativos associados a uma deposição não controlada de resíduos, como contaminação de solos, linhas de água e ar (Levy e Cabeças, 2006). A aprovação do PERSU, com o horizonte 1997-2007, reformulou o caminho final dos materiais excedentes das acções humanas, pois;

- As lixeiras foram encerradas e deram lugar a aterros sanitários,
- Criaram-se os sistemas municipais e multimunicipais de gestão de resíduos,
- Construíram-se novas infra-estruturas de valorização e eliminação,
- Criaram-se sistemas de recolha selectiva multimaterial e, paralelamente,
- Definiram-se as linhas de orientação geral para a criação de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos (APA, 2014).

Atualmente em Portugal são encaminhados para aterro sanitário 54% dos resíduos produzidos (APA, 2014), existindo 23 sistemas de gestão de RU, 11 deles multimunicipais, que abrangem todo o território nacional (EGF, 2015). A evolução da produção de resíduos e da respetiva percentagem de deposição em aterro é a apresentada na Figura 1.1. Verifica-se que houve um decréscimo regular na produção de resíduos desde 2011, facto justificado pela crise económica que o país atravessou neste período, prevendo-se ainda que nos próximos anos esta situação não evolue rapidamente. Outro facto relevante é a diminuição da percentagem de deposição de resíduos em aterro, que desceu de 90,2% em 1995 para 50,4% em 2013.

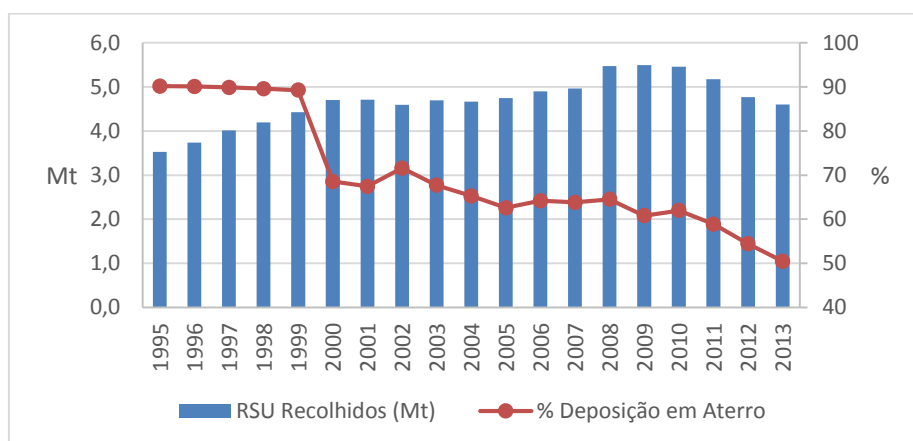


Figura 2.1 - RSU recolhidos (Mt) em Portugal e % de Resíduos Depositados em Aterro, 1995-2013 (Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE))

Com o PERSU II aprovado em 2007 com um horizonte temporal até 2016, constata-se que a política integrada de gestão de resíduos a adoptar toma especial atenção a novas formas de atuação. Com o PERSU II a importância do tratamento mecânico e biológico (TMB) torna-se determinante, o desvio de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) de aterro é um imperativo e a recuperação, reciclagem e valorização de resíduos de embalagens é uma exigência. Saliente-

se que o desvio de RUB de aterro sanitário é um objetivo que resulta já da anterior “Estratégia Nacional de Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados aos Aterros” (ENRRUBDA) (APA, 2014).

A Figura 2.2 ilustra um aumento de 9,3% na quantidade de RUB na recolha selectiva entre o período de 2005 a 2013. Esses resíduos biodegradáveis não serão colocados em aterro, ficando a massa de resíduos depositada e aterro com menor teor de matéria orgânica a cada ano.

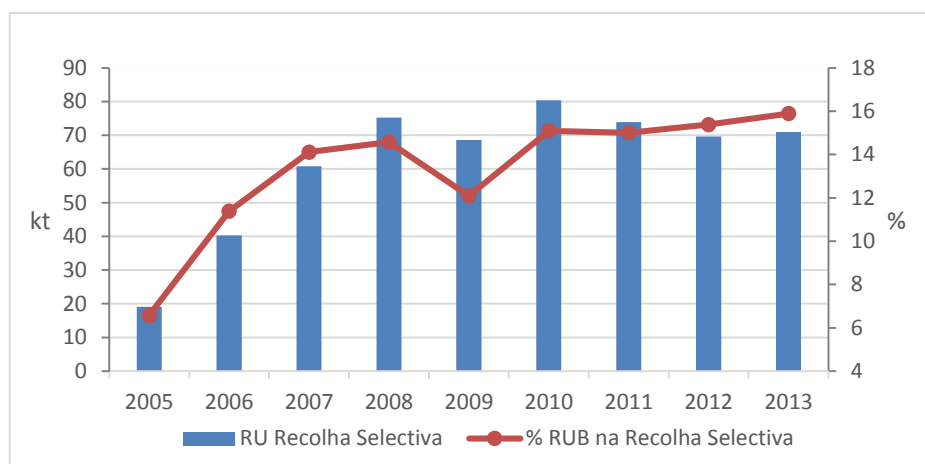


Figura 2.2 - RUB na recolha selectiva (kt) em Portugal, 2005-2013 (Fonte: INE)

Devido à necessidade de reformular as metas que se deveriam ter alcançado com o PERSU II, foi necessário reformular os objetivos com nova abordagem. Nesta conformidade foi elaborado um novo plano com novos objetivos e metas, ou seja, o PERSU 2020 com o horizonte temporal 2014-2020. Entre alguns dos objetivos reformulados estão as novas metas comunitárias de preparação para reutilização e reciclagem, a recalendarização das metas comunitárias de desvio de RUB de aterro, a regularização da classificação qualitativa do composto e eventuais procedimentos de processos de aplicação do fim de estatuto de resíduo aos combustíveis derivados de resíduos (CDR) provenientes da TMB de modo a ser utilizado como matéria-prima na produção de energia, quer por incineração quer por co-incineração (APA, 2014).

A actualização do Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU) e a necessidade de garantir o valor económico dos subprodutos e rejeitados das instalações de tratamento de resíduos urbanos, nomeadamente do composto e dos CDR foi também um objetivo a garantir. Todos estes novos desafios vão influenciar a sustentabilidade económico-financeira das entidades gestoras (APA, 2014).

O aterro sanitário, como componente sempre necessária num sistema integrado de resíduos, fica assim vocacionado essencialmente para receber os resíduos que não possam ser reciclados ou aproveitados como recurso económico. Cada vez mais os materiais que podem ser conduzidos a tal destino final serão resíduos inertes ou rejeitados, e o combustível derivado de resíduo (CDR) utilizado como matéria-prima para recuperação de energia na incineração e co-incineração (APA, 2014).

2.2. Política Nacional e Legislação

A política nacional de resíduos começou a ser aplicada em 1996, com o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), onde se suprimiram as primeiras necessidades do país em relação à política de gestão de resíduos, ilustrando-se a situação de Portugal face aos resíduos até à data e objectivos de actuação bem estruturados. Para o horizonte temporal de 2007-2016 elaborou-se o PERSU II, um documento de revisão e actualização relativo ao PERSU.

A gestão de resíduos compreende as “operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos”, assim como a monitorização dos locais de deposição e o planeamento dessas operações (Martinho *et al*, 2011).

Já em execução está o PERSU 2020, pois ocorreu a necessidade de antecipar as metas a que o PERSU III se propunha. Este novo documento “estabelece a visão, os objectivos, as metas globais e as metas específicas por sistema de gestão integrada de Resíduos Urbanos a implementar no quadro de gestão de resíduos urbanos no período de 2014 a 2020”, das quais se destacam novas metas comunitárias de reciclagem e de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB).

Em termos legislativos, o decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, alteração do decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro. O objectivo deste decreto-lei passa pela prevenção da produção e gestão de resíduos, aplicando-se “às operações de gestão de resíduos destinadas a prevenir ou reduzir a produção de resíduos, o seu carácter nocivo e os impactes” resultantes da sua produção, gestão e utilização de recursos.

O decreto-lei n.º 183/2009, alteração do decreto-lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, transpõe a Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, legisla a deposição de resíduos em aterro. O objectivo deste decreto prende-se com as necessidades de “evitar ou reduzir os efeitos negativos sobre o ambiente da deposição de resíduos em aterro”. Este estabelece ainda as normas aplicáveis à concepção, construção, exploração encerramento e manutenção pós-encerramento de aterros.

2.3. Parâmetros e Características dos Resíduos

A composição física dos resíduos a depende dos seguintes parâmetros (Levy e Cabeças, 2006):

- Zona onde estes são captados, podendo esta ser residencial, industrial ou de serviços, rural ou urbana, litoral ou interior.
- O clima da região e a variação entre época húmida ou seca.
- A classe social da população residente e o tipo de actividades realizadas.

Portugal tinha, em 1995, uma capitação de RSU gerados de aproximadamente 400 kg/ano *per capita* (valor semelhante ao da Suécia) e em 2003, este valor, em Portugal, subiu para 475 kg/ano *per capita*, com a Islândia no topo do grupo europeu, com cerca de 1075 kg/ano *per capita* de RSU gerados (Levy e Cabeças, 2006). Em termos da caracterização física nacional dos resíduos, esta é constituída principalmente pelos seguintes materiais (Levy e Cabeças, 2006):

- Resíduos fermentáveis/putrescíveis, principalmente restos de alimentos
- Papel e cartão proveniente de jornais, revistas, embalagens de papel e compósitos
- Plásticos de garrafas e frascos, de diferentes tipos, como polietileno (PE), policloreto de vinilo (PVC), politereftalato de Etileno (PET), polipropileno (PP), embalagens de poliestileno expandido (EPS) e filme plástico
- Vidro
- Metais ferrosos e não ferrosos
- Têxteis sanitários, roupa e similares
- Madeira
- Combustíveis
- Resíduos domésticos especiais como aparelhos electrónicos e pilhas
- Finos, resíduos com menos de 20 mm.

No que respeita à composição química dos resíduos os principais parâmetros são os seguintes:

- Peso específico - determinado pelo quociente entre a quantidade de resíduos (em peso) possíveis de armazenar por unidade de volume. Atendendo à compactação que os resíduos sofrem no aterro, através do peso específico consegue apurar-se o volume necessário em aterro para um determinado período temporal bem como definir-se o dimensionamento de equipamentos e infra-estruturas necessárias.
- Humidade - geralmente cerca de 20% numa massa de RSU. No entanto, as bactérias anaeróbias prosperam com concentrações de água na ordem dos 40%, pelo que a adição de água à mistura de resíduos é importante (Themelis *et al*, 2007). Segundo Levy e Cabeças (2006), a humidade média dos resíduos em Portugal é de 39%.
- Poder Calorífico - referente à quantidade de calor libertado na combustão completa de um kg ou de um m³ de combustível, neste caso, a massa de resíduos, com unidade expressa em kJ/kg ou kJ/m³. O poder calorífico distingue-se entre poder calorífico superior (PCS) ou poder calorífico inferior (PCI), atendendo ao estado físico como termina a reacção química. No estado líquido fala-se de PCS e no estado líquido de PCI. No caso do PCS, o circuito é fechado e o vapor formado retorna a condensado, no PCI, os gases formados perdem-se. No contexto dos resíduos, o PCI é o valor que fornece o potencial dos resíduos a incinerar (Levy e Cabeças, 2006). Segundo os mesmos autores, ao longo dos anos o poder calorífico dos RSU tem aumentado, devido à maior percentagem de plásticos presente na massa de resíduos, reflexo das actividades económicas e dos hábitos de consumo da população. O PCI dos RSU varia entre valores inferiores no Inverno e superiores no Verão, compreendidos entre um intervalo de 4500 kJ/kg a 7200 kJ/kg.
- Relação Carbono/Azoto (C/N) - permite saber o estado de fermentação dos resíduos e consequente degradação da matéria orgânica.
- Sólidos voláteis e composição química.

2.4. Confinamento técnico. Aterro Sanitário

O aterro sanitário pode definir-se como um reactor bioquímico em que os resíduos e a água pluvial são os inputs e os lixiviados e o biogás são os efluentes esperados, resultado da decomposição dos materiais biodegradáveis dos RSU (Levy e Cabeças, 2006).

Segundo o Decreto-lei n.º 73/2011, no seu anexo I, define-se como eliminação a operação de deposição de resíduos em aterro, sendo esta a última etapa de uma gestão integrada de resíduos. Como indica o Decreto-lei n.º 183/2009, o aterro sanitário funciona como local de deposição e eliminação de resíduos que pode ser feita acima ou abaixo do nível do solo. Sejam quais forem os caminhos que uma linha de gestão integrada de resíduos leve, o aterro sanitário será sempre uma solução omnipresente de fim-de-linha de tratamento, indispensável a qualquer sistema de resíduos (Levy e Cabeças, 2006).

Como resposta a uma necessidade de protecção ambiental e das normas fixadas no Decreto-lei n.º 183/2009, um aterro sanitário deve possuir sistemas de protecção ambiental de modo a garantir a protecção de águas subterrâneas e superficiais, o controlo de efluentes residuais líquidos e gasosos, assim como o controlo da deposição de resíduos e exploração do aterro. A monitorização global do aterro e de áreas envolventes tem também de ser garantida. (Levy e Cabeças, 2006). Para o funcionamento adequado de um aterro sanitário, as componentes que devem ser consideradas são as que se indicam em seguida:

- Portaria e unidade de pesagem automática com báscula
- Instalações de apoio, balneários e laboratório
- Parque de estacionamento de ligeiros e autocarros
- Parque de máquinas
- Parque para viaturas de recolha selectiva
- Posto de abastecimento de combustível
- Plataformas para deposição multimaterial
- Zona de lavagem de rodados e plataforma de lavagem de equipamento mecânico
- Unidade de tratamento mecânico e biológico e de triagem multimaterial
- Armazém
- Ecocentro
- Zona de depósito de objectos volumosos
- ETAL
- Lagoa de regularização de lixiviados
- Vias de circulação
- Pólos técnicos e posto de transformação
- Zona de armazenamento de terras de cobertura
- Vedação e cortina arbórea envolvente

2.4.1. Sistemas de Protecção Ambiental

Os sistemas de protecção ambiental a garantir no aterro sanitário contempla são os seguintes;

- Sistema de impermeabilização da zona basal e taludes;
- Sistema de valas sub-superficiais para controlo de eventuais ruturas;
- Sistema separativo de águas pluviais das lixiviantes, nas diferentes células a construir;
- Sistema de drenagem, captação e tratamento de lixiviados e,
- Sistema de drenagem, captação, queima e/ou aproveitamento de biogás gerado.

2.4.1.1. Barreira Passiva

A barreira passiva é composta por uma barreira geológica natural que cumpra os requisitos exigidos no Decreto-Lei 152/2002 de 23 de Maio, garantindo um valor máximo de coeficiente de permeabilidade k inferior a 10^{-9} m.s^{-1} para um substrato com espessura superior a 1 metro.

Caso a barreira geológica natural não tenha esta característica, deverá colocar-se uma barreira artificial com espessura não inferior a 0,5 metros, que confira o requisito anteriormente referido (Levy e Cabeças, 2006).

2.4.1.2. Barreira Activa

Esta barreira é construída artificialmente sobre o solo de fundação e taludes, construída por geocompósitos e geossintéticos, dimensionados para garantir resistência às solicitações mais desfavoráveis de punçoamento, rasgamento e tracção. As camadas da barreira passiva, colocadas por ordem ascendente, são:

- Geocompósito Bentonítico – obrigatório caso a barreira passiva não confira um k inferior a 10^{-9} m.s^{-1} , constituído por uma camada de bentonite protegida de ambas as faces por geotêxtil com uma massa por unidade de área mínima de 5500 g.m^{-2} (segundo a norma DIN 53854) e uma permeabilidade de k inferior a $5 \times 10^{-11} \text{ m.s}^{-1}$ (segundo a norma DIN 18130).
- Geomembrana – constituída por polietileno de alta densidade (PEAD), com 2,0 mm de espessura mínima (segundo a norma ASTM D 1593 ou D 3767).
- Geotêxtil não tecido – colocado sobre a geomembrana com a função de protecção mecânica desta ao punçoamento e ao rasgamento. Este geotêxtil tem de prolongar-se ao longo do talude de forma a assegurar uma sobreposição mínima de 0,5 metros.
- Camada drenante – colocada sobre o sistema de impermeabilização com uma espessura mínima de 0,5 metros e um k igual a 10^{-4} m.s^{-2} , sobre o geotêxtil não tecido, ao longo de toda a zona basal do aterro. Pode ser constituída por uma camada mineral permeável, com 0,2 metros de material mineral natural de granulometria fina a média e 0,3 metros de material mineral natural britado ou rolado (20 a 50 mm), não calcário, com k inferior a $5 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$.

Sobre a camada drenante pode ser colocado um novo geotêxtil não tecido, com funções de filtro, na interface entre a camada permeável e os RSU. Este geotêxtil poderá ser colocado apenas na fase de exploração e deverá ser igualmente estendido ao longo dos taludes até assegurar a sobreposição mínima de 0,5 metros (Levy e Cabeças, 2006).

2.4.1.3. Valas sub-superficiais

As valas sub-superficiais servem como aviso de possíveis rupturas no sistema de impermeabilização do aterro, devendo estas apenas conter água pluvial. Antes da construção, estas servem como ponto de referência.

Durante a exploração, vai-se comparando a qualidade da água das valas sub-superficiais ao longo do tempo e se existirem grandes alterações é sinal de ruptura no sistema de impermeabilização.

2.4.1.4. Sistema Separativo de Águas Pluviais

Rede colectora que tem como função desviar estas águas da massa de resíduos. Para reduzir o caudal de águas lixiviantes deverá impedir-se que as águas pluviais das zonas de montante desta bacia, que ainda não têm resíduos colocados a jusante, se misturem com os resíduos colocados a jusante do aterro.

Desta forma, instala-se uma rede colectiva transversal ao sentido do pendente que recolhe as águas pluviais, constituída por valas, valetas, tubagens perfuradas a meia cana e a secção cheia. Um sistema periférico de valetas deve ser construído na periferia do aterro para desvio de águas pluviais para fora da área de intervenção e das frentes de trabalho e captação destas em sistema adequado (Levy e Cabeças, 2006).

2.4.1.5. Sistema de Captação e Tratamento de Lixiviados

O sistema de captação de lixiviados consiste em valas principais e secundárias, incorporadas na camada drenante, possuindo colectores perfurados a meia cana ou de secção cheia, que permitem de forma estratégica captar e drenar todas as escorrências líquidas para um poço de captação e derivação interno e externo.

Os modelos de implementação do sistema podem ser em telhado invertido, em espinha com desenvolvimento lateral, em espinha com desenvolvimento central ou em espinha com desenvolvimento central e níveis complementares em altura.

Após a saída do lixiviado, este deve ser encaminhado a uma lagoa de retenção e tratado de forma adequada, através de uma estação de tratamento de águas lixiviantes (ETAL) (Levy e Cabeças, 2006).

2.4.1.6. Sistema de Captação e Drenagem do Biogás

O biogás é um recurso valioso, pelo que a sua recuperação da massa de resíduos é de extrema importância, também pelos efeitos negativos que acarreta ao ser libertado na atmosfera. A sua captação é realizada através de drenos inseridos na massa de resíduos, podendo estes ser de introdução vertical (Figura 2.3), horizontal ou um mix das duas variantes.

Os drenos devem estar equidistantes para permitir uma captação homogénea do biogás na massa de resíduos, atendendo à área de influência de cada tipo de dreno.

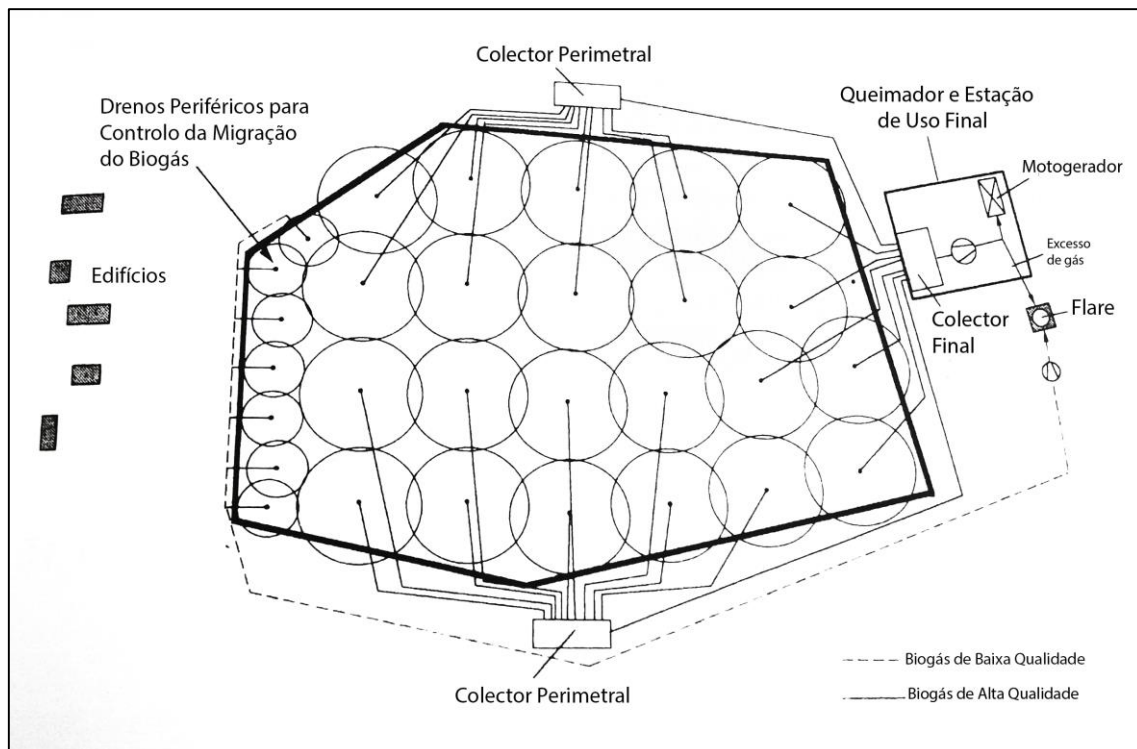


Figura 2.3 – Vista geral de sistema de extracção (drenos verticais) e de captação de biogás com aproveitamento energético (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

O momento de instalação dos drenos pode variar, existindo economia de custo de investimento inicial se os drenos forem colocados à medida que o aterro é preenchido por resíduos. Desta forma, o biogás começa a ser captado a partir do momento em que começa a ser produzido, ficando como alternativa a instalação dos drenos após o preenchimento da célula.

Acoplado ao sistema de captação está o sistema de extracção, formado por colectores ligados aos drenos de captação, que confluem num compressor, que gera um diferencial de pressão ao longo de toda a tubagem, fazendo com que o biogás se dirija para um sistema de valorização ou em último caso um queimador (Figura 2.4) (Levy e Cabeças, 2006).

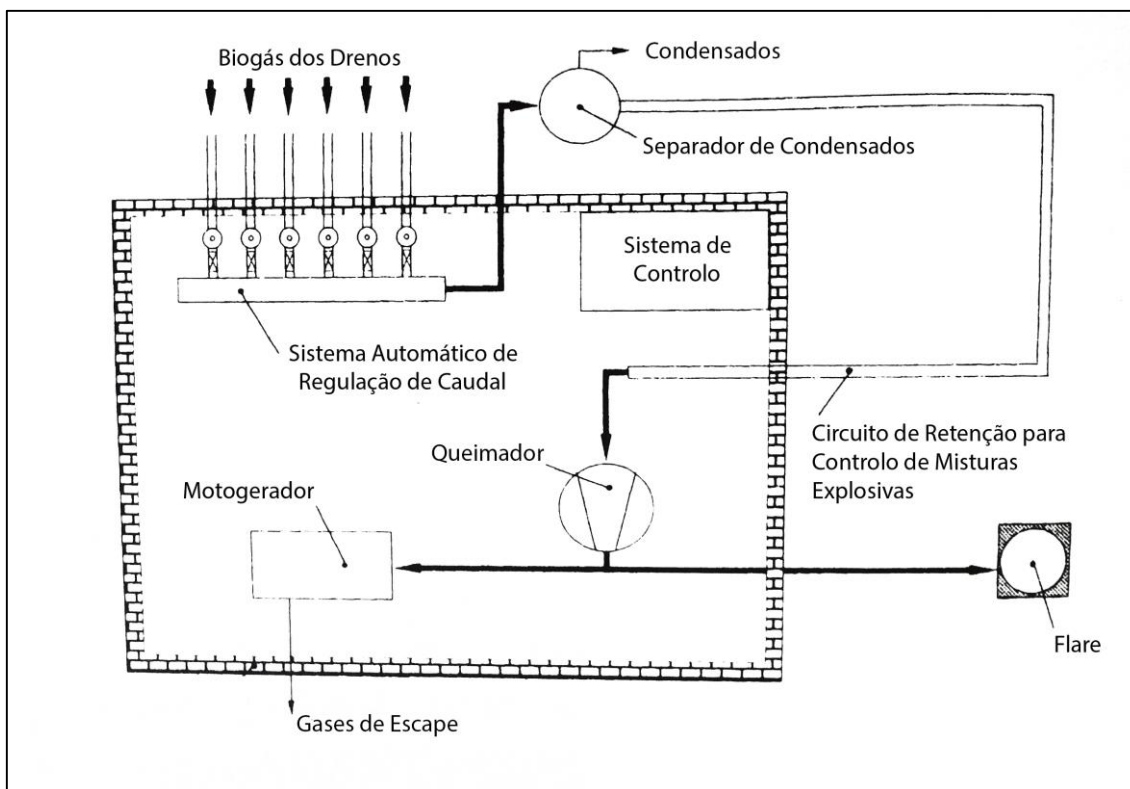


Figura 2.4 – Esquema de sistema de aproveitamento eléctrico de biogás (SAEB)
(adaptado de Christensen *et al*, 1996)

2.4.2. Águas Lixiviantes

As águas lixiviantes (lixiviado) podem ser definidas como o líquido que percula pelo aterro e que contém matéria suspensa dissolvida e extraída do aterro. O lixiviado ocorre da precipitação que entra no aterro e da humidade que existe nos resíduos quando estes são depositados. O lixiviado produzido nos aterros contém contaminantes orgânicos e inorgânicos. Regra geral, o lixiviado é caracterizado por altos valores de CQO, pH, azoto amoniacal e metais pesados, assim como forte cor e mau odor. As características do lixiviado também variam com a sua composição e volume, assim como com a matéria orgânica presente no lixiviado ao longo do tempo. Todos estes factores tornam complicado o tratamento do lixiviado (Raghab *et al*, 2013).

O lixiviado é caracterizado por parâmetros como CQO, CBO, a relação CBO/CQO, pH, sólidos suspensos, azoto amoniacal, azoto Kjeldahl e metais pesados. A remoção da matéria orgânica, tendo como base a CQO, CBO e amónia do lixiviado é um requisito para que este possa ser descarregado num efluente natura. Para Portugal são ainda tidos em consideração o carbono orgânico total, nitratos e azoto total, parâmetros que têm também de cumprir os requisitos de descarga descritos no decreto-lei n.º 183/2009.

No que se refere à relação CBO/CQO, esta decresce rapidamente com a idade do aterro, situando-se em valores compreendidos entre 0,7 a 0,04. Salvo excepções, o pH varia entre 5,8 a 8,5, devido à actividade biológica.

A toxicidade do lixiviado é confirmada através de testes de verificação da presença de organismos como o *Vibrio fisheri*, *Daphnia similes*, *Artemia salina* e *Brachydanio rerio*, pelo que

é necessário um tratamento biológico de modo a que se obtenham os limites legais para descarga em meio receptor natural. (Renou *et al*, 2008).

De acordo com Tchobanoglous *et al* (1993), existem diferenças entre a composição de um lixiviado produzido por resíduos colocados recentemente num aterro (menos de dois anos) e um lixiviado produzido por resíduos com idade avançada no aterro (mais de dez anos) (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Parâmetros de lixiviado produzido por resíduos depositados em aterro com menos de dois anos e com mais de dez anos (Fonte: Tchobanoglous *et al* (1993), citado por Silva (2014))

Parâmetro	Lixiviado com Idade Inferior a 2 anos		Lixiviado com Idade Superior a 10 anos
	Intervalo (mg/L)	Valor típico (mg/L)	Intervalo (mg/L)
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
CBO ₅	2.000-30.000	10.000	100-200
COT	1.500-20.000	6.000	80-160
CQO	3.000-60.000	18.000	100-500
SST	200-2.000	500	100-400
Azoto Orgânico	10-800	200	80-120
NH ₄ ⁺	10-800	200	20-40
NO ₃ ⁻	5-40	25	5-10
Fósforo total	5-100	30	5-10

Para o tratamento de águas lixivantes existem os seguintes métodos (adaptado de Levy e Cabeças, 2006):

- Lagoas de Regularização – Função de regularização e homogeneização do lixiviado, garantem capacidade de encaixe, prevenindo a existência de caudais de ponta e garantindo o tratamento de todo o lixiviado produzido. A carga afluyente ao sistema de tratamento a jusante é reduzida com este órgão, através de sedimentação e remoção de compostos biodegradáveis. Esta opção de pré-tratamento tem impactes negativos por estar a céu aberto, não impedindo a propagação de odores. Dever-se-ia optar por tanques fechados, o que não é prática comum em Portugal.
- Tratamento Biológico por Lamas Activadas – Este processo recorre a biomassa suspensa e é constituído por um reactor biológico, em formato lagoa ou tanque ao qual segue um decantador secundário, com recirculação de lamas. Ao invés do decantador secundário poderá optar-se por um sistema de ultrafiltração, recirculando-se o concentrado ao reactor. Este processo é muito utilizado em águas residuais mas tem baixa eficiência de remoção de CBO₅ em águas lixivantes, menos 70% do que nas águas residuais. Dada a CQO ser dura, a eficiência na remoção de CQO é ainda mais baixa do que na CBO₅, necessitando-se de um processo de afinação. A nitrificação (passagem do azoto amoniacal a nitritos e seguidamente a nitratos) não é conseguida

na sua totalidade dada a baixa biodegradabilidade das águas lixiviantes, levando à necessidade de instalação de um tanque anóxico a jusante da linha de tratamento.

- Tratamento Físico-Químico – Este tratamento pode ser executado por coagulação, seguida de floculação e sedimentação ou por oxidação química. No primeiro caso é adicionado um agente coagulante (ex: polieletrólito) ao lixiviado numa câmara de mistura rápida, onde se promoverá uma destabilização química e a agregação de colóides e partículas suspensas. Segue-se a adição de um floculante (ex: carvão activado em pó) numa câmara de mistura lenta, possivelmente bicompartimentada para maior eficiência e menor turbulência, gerando flocos de maiores dimensões que acabarão por aumentar a densidade, efeito suficiente para sedimentarem no decantador químico.

O segundo caso, tratamento por oxidação química, recorre a reacções de oxidação-redução para remoção de moléculas potencialmente tóxicas noutras menos tóxicas ou não tóxicas. Podem ser utilizados como reagentes o ozono, dióxido de cloro, cloro, oxigénio, permanganato e peróxido de hidrogénio. Esta reacção resume-se a uma transferência de electrões entre um oxidante (que cede o electrão) e um redutor (que recebe o electrão). Com esta reacção reduzem-se os odores, as ameaças bacterianas e virais e a concentração de resíduos orgânicos.

- Osmose Inversa – Processo que consiste na passagem de uma solução líquida a pressões superiores à pressão osmótica (acima de 1000 kPa), passando o solvente de uma solução mais concentrada para uma menos concentrada. O solvente desta solução fica quase puro (permeado) rejeitando-se contaminantes que ficam numa solução concentrada. Através deste tratamento conseguem-se elevadas eficiências de remoção de CQO, CBO₅, azoto total e sólidos suspensos totais (SST).
- Nanofiltração – Filtração com membrana semipermeável com pressões entre 500 a 1000 k Pa e capacidade de rejeição de partículas com 0,001 µm. Este processo não é tão eficiente como a osmose inversa mas tem um dispêndio de energia 10% inferior em relação ao tratamento anterior.
- Ultrafiltração – Semelhante à nanofiltração e à osmose inversa, este processo utiliza pressões entre 70 e 700 kPa e remove partículas até 0,005 µm. Pode utilizar-se como pré-tratamento para a retenção de sólidos, optimizando o resultado final e retardando a colmatação na osmose inversa.
- Lagoa de Macrófitas – Considerado como um tratamento de afinação, as macrófitas são eficientes na remoção de nutrientes como azoto e fósforo, na redução de microrganismos patogénicos e metais pesados. Estes organismos interagem directamente com o efluente através de rizomas, podendo também servir de suporte a microrganismos que façam a remoção biológica de nutrientes e moléculas tóxicas. A necessidade de grandes áreas para grandes caudais e a sensibilidade das plantas às alterações climáticas tornam-se problemas para este método. A eliminação final quando a capacidade de

bioacumulação atingir o limite é outra desvantagem. O custo de exploração é baixo, a instalação e manutenção das plantas é fácil.

- Lagoas de Evaporação – Processo dependente das condições climáticas, que segue um princípio de descarga nula para o meio hídrico. A quantidade de água lixiviante armazenada nas lagoas de evaporação tem de ser menor que a evaporação. Para esta solução o aterro terá de ser explorado tendo em conta a menor produção de águas lixiviantes possível. Em caso de elevada precipitação este método torna-se impraticável. A produção de odores e a inflexibilidade do tratamento são outras desvantagens. A construção e facilidade de operação são as vantagens a apontar.
- Carvão Activado – Processo de adsorção de contaminantes do lixiviado. Eficiente na remoção de sólidos suspensos, surge como afinação após tratamento biológico. Remove odor, sabor, componentes orgânicos refractários e quantidades residuais de sulfatos e metais pesados, não sendo eficiente na remoção de azoto. A manutenção do carvão activado surge como desvantagem (custos de regeneração e a sua frequência).
- Evaporação Múltipla – Evaporação do lixiviado por torres sequenciais de evaporação, um processo térmico que recorre ao biogás como principal fonte de energia, não sendo no entanto suficiente. Este processo produz dois efluentes, um gasoso que deve ser tratado antes de descarregado para a atmosfera e um concentrado que deve ser encaminhado para tratamento numa unidade de resíduos industriais.

2.4.3. Biogás. Constituição, migração, controlo e aproveitamento energético.

A acumulação de gases de efeito de estufa na atmosfera é responsável pelo aumento do aquecimento global do nosso planeta. Em países desenvolvidos, o dióxido de carbono representa 83% das emissões de GEE, enquanto o metano é o gás com maior responsabilidade no aquecimento global com cerca de 10% do total de emissões de GEE. As emissões de metano são ainda mais importantes nos países em desenvolvimento, onde a sua percentagem pode ser superior a 20%.

A vida das moléculas de metano na atmosfera é 10 vezes menor do que a das moléculas de dióxido de carbono, sendo qualquer redução nas emissões de metano de muito maior importância para uma reconstituição da atmosfera a curto e médio prazo. (Cavenati *et al*, 2005) Quando se permite que o metano escape para a atmosfera, o seu efeito de aquecimento global é 21 a 23 vezes superior ao do dióxido de carbono para o mesmo volume (Grande *et al*, 2007; Themelis *et al*, 2007).

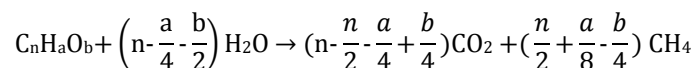
Em Portugal assim como em outros países, que têm de importar combustíveis fósseis ou gás natural, o gás produzido em aterros pode ser visto como um recurso para obtenção de energia com base no metano. Por esta razão, sem esquecer o controlo rigoroso nas emissões de metano para cumprimento dos requisitos do protocolo de Quioto, o biogás é importante pela sua componente de metano que permite a sua valorização e aproveitamento na produção de energia.

2.4.3.1. Constituição e Formação

Constituição - Por biogás entende-se o gás libertado pela decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos de resíduos sólidos urbanos. O gás de aterro é uma mistura heterogênea que contém maioritariamente metano e dióxido de carbono, contendo outros gases (contaminantes) presentes em fracções maioritariamente inferiores a 1%. A quantidade e natureza destes contaminantes dependem fortemente da composição dos resíduos e do envelhecimento do aterro. A quantidade de azoto pode aparecer quando o gás é recolhido a pressões mais baixas do que a atmosférica, para conseguir maiores rendimentos de metano. (Cavenati *et al*, 2005)

Os maiores constituintes do biogás, metano e dióxido de carbono, não têm cheiro. São os seus constituintes minoritários, como o sulfureto de hidrogénio, ésteres orgânicos e compostos organosulfurados que lhe conferem o seu mau cheiro. O biogás tem componentes que são inflamáveis e quando misturados com o ar podem chegar a concentrações explosivas em espaços confinados. Existem relatos de problemas associados a fugas descontroladas de biogás no interior de casas, galerias e tubagens, com potenciais efeitos devastadores (Williams e Aitkenhead, 1991, citado por Williams, 2005).

Formação - A conversão de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono (Figura 2.5) é expressa estequiometricamente pela seguinte expressão (Christensen *et al*, 1996):



O processo envolve várias etapas, começando pela hidrólise, onde os resíduos orgânicos são solubilizados para que os microrganismos os possam converter (Christensen *et al*, 1996). Para que a reacção anaeróbia continue, é necessário fornecer o seu reagente principal, água. Em média, os resíduos sólidos urbanos têm 20% de água, que é o mínimo necessário para reagir com a biomassa contida nos resíduos. No entanto, as bactérias anaeróbias prosperam com concentrações de água na ordem dos 40%, pelo que a adição de água à mistura de resíduos é necessária. (Themelis *et al*, 2007)

A hidrólise é predominantemente o processo limitante da formação de metano dentro da massa de resíduos (Leuschner, 1983, Barlaz *et al*, 1989, El-Fadel *et al*, 1989, citado por Christensen *et al*, 1996) e é causada por enzimas extracelulares provenientes de bactérias fermentativas (Jones *et al*, 1983, citado por Christensen *et al*, 1996). As bactérias acetogénicas, através da matéria orgânica dissolvida na etapa anterior, produzem ácido acético, hidrogénio e dióxido de carbono e acetato (McInerney and Bryant, 1983, citado por Christensen *et al*, 1996). As bactérias fermentativas, outro grande grupo composto por bactérias anaeróbias e anaeróbias facultativas, produzem os mesmos compostos das bactérias acetogénicas e ainda ácidos gordos e álcoois.

Estes últimos dois produtos podem ser transformados através de bactérias redutoras sulfurosas, libertando hidrogenossulfato e dióxido de carbono para o meio. Por fim, as bactérias metanogénicas, que são anaeróbias obrigatórias, transformam o dióxido de carbono e o hidrogénio disponível em metano, completando o processo (Christensen *et al*, 1996).

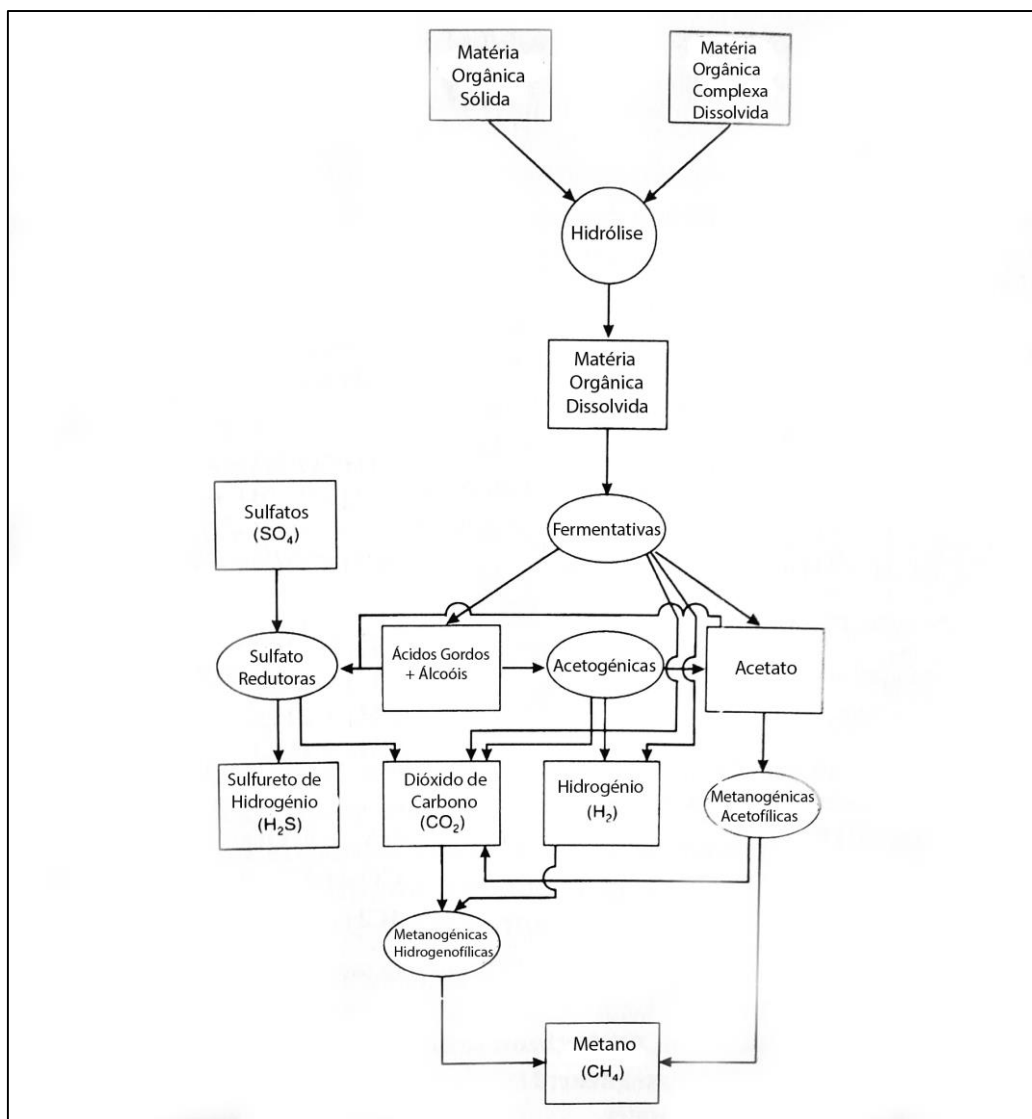


Figura 2.5 – Digestão Anaeróbia (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

O processo de degradação da matéria orgânica no aterro (digestão anaeróbia) tem diversas fases até à estabilização final. Os factores abióticos que influenciam o processo são a presença de oxigénio, hidrogénio, sulfatos, matéria orgânica temperatura, humidade, condições de pH e alcalinidade e possíveis inibidores. Para melhor compreensão do processo, este pode ser dividido da seguinte forma (Figura 2.6) para um aterro homogéneo (Christensen *et al*, 1996):

Fase 1, Aeróbia – Esta primeira fase utiliza o oxigénio disponível na massa de resíduos para degradar a matéria orgânica mais simples, obtendo como produto CO₂.

Fase 2, Ácida – Bactérias fermentativas e acidogénicas, sobre condições anaeróbias, produzem ácidos gordos voláteis, CO₂ e H₂. A presença destes gases inibe a presença de N.

Fase 3, Metanogénica Inicial – Bactérias metanogénicas começam a produzir CH_4 , com redução dos componentes CO_2 e H_2 .

Fase 4, Metanogénica Estável – Nesta fase, a percentagem de CH_4 na massa de resíduos é nivelada entre 50 a 60%.

Fase 5, Intrusão de ar – O ar atmosférico começa a penetrar nas camadas de fronteira da massa de resíduos, inibindo a produção de CH_4 .

Fase 6, Oxidação do Metano – O metano produzido no centro da massa de resíduos é oxidado para CO_2 e migra para a periferia da massa de resíduos. A presença de N_2 começa a ser significativa na concentração do biogás.

Fase 7, Dióxido de Carbono – A formação de CH_4 é negligenciável e a intrusão de ar oxida o carbono orgânico sólido, produzindo CO_2 .

Fase 8, Inertização – Os processos que ocorrem nesta fase e o gás do aterro começam a assemelhar-se ao de um solo natural.

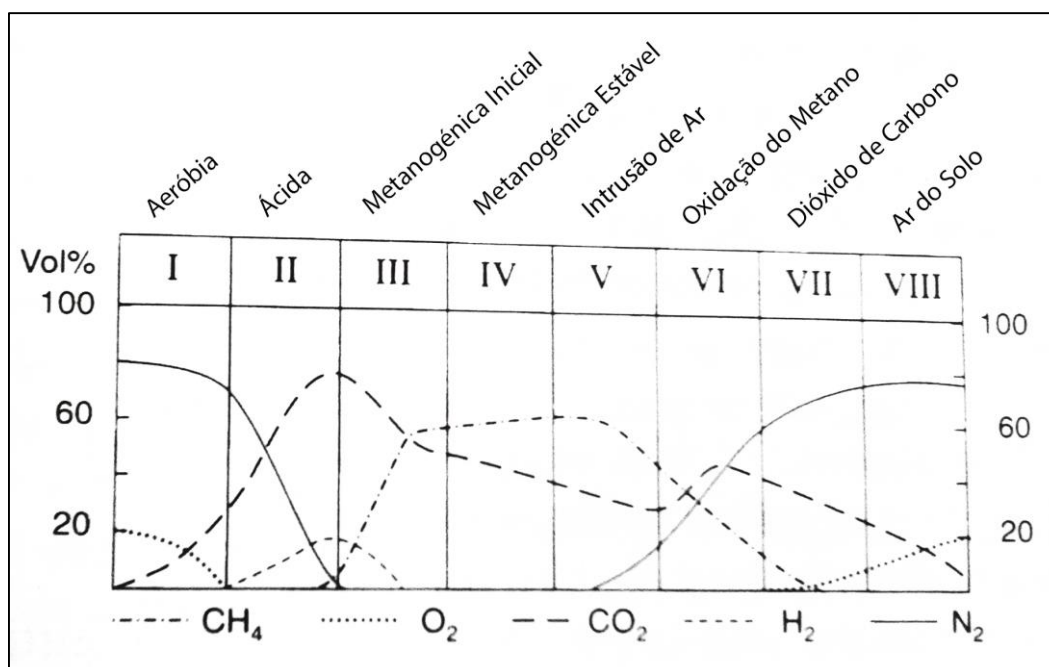


Figura 2.6 – Evolução dos produtos da degradação dos RS num aterro sanitário (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

2.4.3.2. Migração no Solo

Os gases gerados no aterro movem-se por toda a massa de resíduos, podendo migrar para fora deste caso não exista impermeabilização adequada. O gás move-se por difusão e advecção ou por gradientes de pressão, ou seja, o gás move-se de regiões de altas para baixas concentrações, assim como de altas para baixas pressões de gás. (Kjeldsen *et al*, 2002, citado por Williams, 2005).

O movimento do gás no interior da massa de resíduos (Figura 2.7) é regulado pela permeabilidade dos resíduos, revolvimento diário ou cobertura intermitentemente e pelo grau de compactação dos resíduos. O movimento lateral do gás é causado pela baixa permeabilidade

das camadas de revolvimento, assim como pela cobertura diária e pelas acumulações superficiais e sub-superficiais de água. O movimento vertical do gás pode correr pelo assentamento natural dos resíduos, entre fardos de resíduos ou entre camadas de inertes de baixa permeabilidade, como resíduos de construção e demolição. Onde ocorre a extracção de biogás para produção de energia, este é colectado em drenos e canalizado até à superfície. (Waste Management Paper 27, 1994, citado por Williams, 2005).

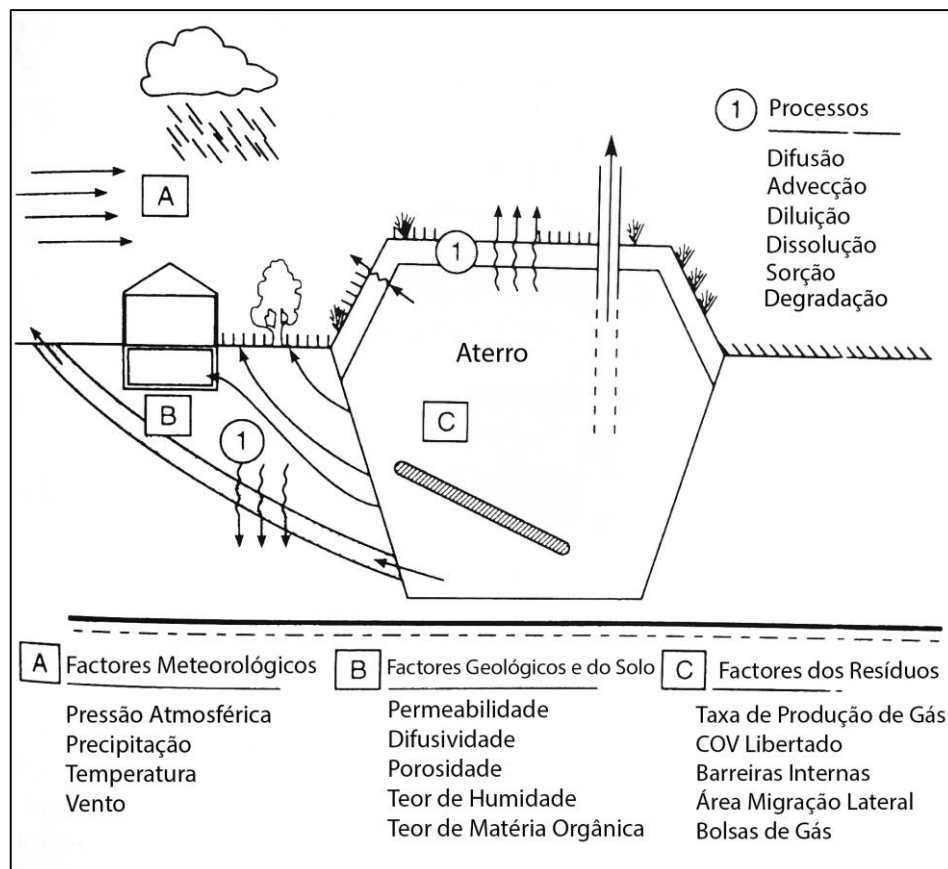


Figura 2.7 – Migração do biogás do interior da massa de resíduos para o exterior (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

Após se esgotar a volumetria de resíduos projetada para o enchimento do aterro, este é intervencionado com uma cobertura final devidamente estruturado e em conformidade com as exigências constantes da legislação em vigor, o Dec-lei 183/2009. Esta cobertura de encerramento final traduz-se numa camada global que promove a selagem do reator aterro sanitário e evita fugas de biogás para a atmosfera. Todavia, na cobertura final, os drenos de biogás são também objeto de finalização estruturada permitindo a sua adequada captação e recuperação bem como evita a difusão ou as fugas de biogás.

O sistema de encerramento impede também a entrada franca de precipitação. As maiores emissões de biogás para a atmosfera ocorrem sempre quando os aterros ainda se encontram em operação, onde os resíduos são apenas cobertos parcialmente por uma camada de terras. (Williams, 2005). No que respeita á migração lateral do biogás, esta pode ocorrer nos aterros não confinados ou por fugas no confinamento. O movimento do lixiviado para além das fronteiras

do aterro pode também causar posterior degradação do biogás ao longo dos caminhos preferenciais que se criam.

A migração do biogás para o exterior ocorre quando encontra caminhos preferenciais associados a alta permeabilidade da camada geológica, através de cavidades, fendas na estrutura de encerramento ou com causa antropogénica, como perspetções mineiras ou tubagens de serviço. O gás pode migrar a distâncias consideráveis para além das fronteiras do aterro, através das causas descritas. Está documentado que modificações na composição do biogás ocorrem durante a migração lateral. (Ward *et al*, 1996, citado por Williams, 2005). Por exemplo, reduções na concentração de metano ocorrem devido à oxidação e, algumas alterações de gases vestigiais, ocorrem durante a adsorção em partículas de solo, oxidação, degradação, condensação e dissolução (Williams, 2005).

2.4.3.3. Riscos e Efeitos

A United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2002) estimou que o total das emissões antropogénicas de metano foram 282,6 milhões de toneladas em 2000, das quais 13% ou 36,7 milhões de toneladas foram devido às emissões de aterros. Stern e Kaufman (1998) extrapolaram a estimativa feita em 1985 por Subak *et al* (1993) de 36 milhões de toneladas de metano para anos recentes, assumindo que a geração de resíduos sólidos urbanos foi proporcional ao crescimento económico.

Com base nestas suposições e considerando que o crescimento económico global de 1985 a 2000 foi de 58% (Earth Policy Institute, 2002), os 36 milhões de toneladas de metano em 1985 extrapolam-se para 57 milhões de toneladas em 2000. (Themelis *et al*, 2007)

As emissões de metano em Portugal constituem 10,2% do total de emissões de gases de efeito de estufa. Perto de 40% do total das emissões de metano provém da fermentação anaeróbia de resíduos sólidos urbanos, ao passo que 50% vem da agricultura e da pecuária (Instituto do Ambiente, 2005; citado por Grande *et al*, 2007). Em suma, 90% do metano antropogénico libertado para a atmosfera vem na forma de biogás.

A percentagem de metano no biogás situa-se entre 45 a 65% e é balanceada pelo dióxido de carbono e contaminantes. Os principais contaminantes, que em suma não costumam exceder 1% do biogás, são compostos sulfurados, aromáticos e clorados. A sua presença no biogás também depende fortemente da natureza dos resíduos e da idade do aterro. (Grande *et al*, 2007)

O limite inflamável inferior, para o metano, é de 5%. Em adição, o gás pode causar asfixia quando os seus níveis sobem em zonas confinadas (Waste Management Paper 26, 1986; Waste Management Paper 27, 1994; citado por Williams, 2005). Este efeito é particularmente um problema onde certas misturas de biogás têm maior ou menor densidade do que o ar, causando estratificação do ar e do biogás. Um problema de asfixia pode ocorrer em espaços confinados

onde o nível de oxigénio desça de 21 para 18% (Waste Management Paper 27, 1994; Rettenberguer e Stegmann, 1996; citado por Williams, 2005).

A migração horizontal e vertical do biogás através das fronteiras do aterro pode conduzir a efeitos negativos no meio envolvente tais como (Christensen *et al*, 1996):

- Explosões e incêndios – o biogás é explosivo devido ao metano nele contido. O limite de explosão para o metano está compreendido entre os 5 e os 15% no ar a pressão atmosférica e temperatura ambiente. Abaixo de valores de 11,6% de O_2 , 15% de CH_4 e acima de 35% de CO_2 não ocorrem misturas explosivas (Figura 2.8).
- O maior problema com o biogás é a sua acumulação em casas, cuja origem advém de fissuras em fundações ou por tubagens de serviço, ocorrendo o risco de explosão caso a mistura de biogás com ar atmosférico seja activada, por exemplo por um fósforo ou isqueiro. Cerca de 60 casos relacionados com elevadas concentrações de metano em casas e cerca de 55 casos relativos a explosões foram descritos no Reino Unido, Estados Unidos da América, Alemanha e Canadá (Gendebien *et al*, 1992).

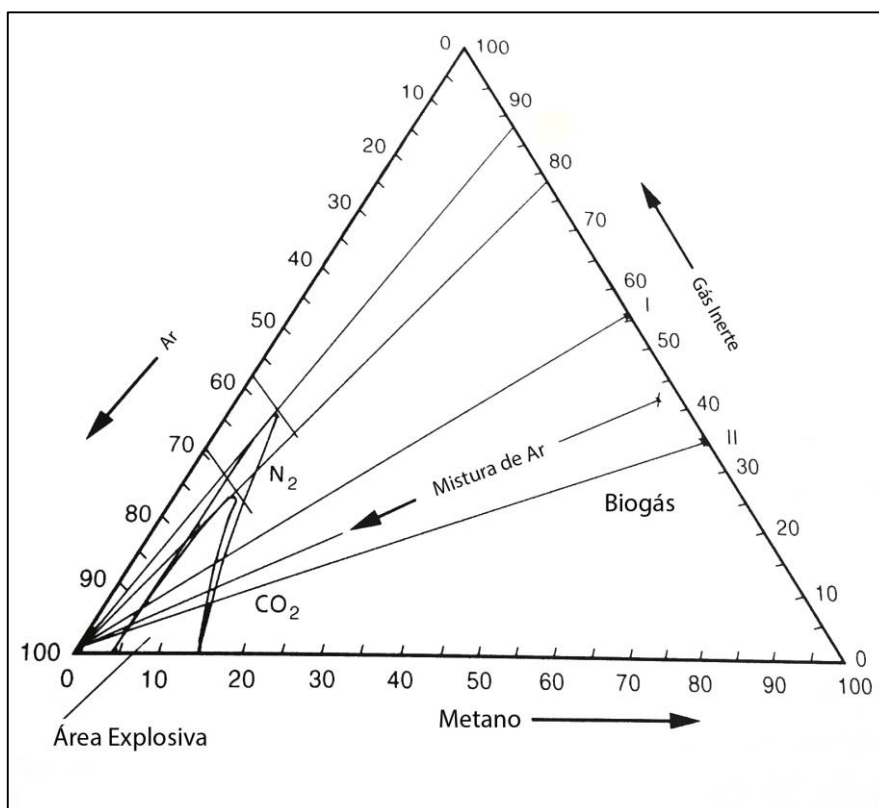


Figura 2.8 – Diagrama de explosividade de mistura metano-ar-dióxido de carbono e metano-ar-azoto (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

- Riscos para a saúde humana – O dióxido de carbono presente no biogás substitui o oxigénio no sistema respiratório, causando indisposição mesmo em concentrações baixas. A sua concentração no biogás é bem maior do que o valor máximo de 0,5% ou 5000 ppm na mistura de ar ambiente (Hoather e Wright, 1989). Compostos vestigiais

como o cloreto de vinilo, benzeno e mais 77 compostos podem aparecer em concentrações superiores ao permitido cerca de 50 m para além das fronteiras do aterro (Petersen, 1988).

- Danos na vegetação e culturas agrícolas - A maior razão para os danos na vegetação ocorridos pela presença de biogás é a asfixia por falta de oxigénio na zona das raízes devido à oxidação do metano. O dióxido de carbono em concentrações superiores a 20% também é tóxico para as plantas, assim como alguns compostos vestigiais (Rettenberguer, 1985).
- Poluição do solo e águas subterrâneas – O biogás que migra por zonas insaturadas é exposto a zonas de infiltrações de água, o que faz com que muitos compostos solúveis do biogás poluam a água. A solubilidade do dióxido de carbono é de 2320 mg/L e a do metano é de 30 mg/L, a 10 °C.
- Mudanças globais no clima – O metano e o dióxido de carbono são gases de efeito de estufa que influenciam a composição da “camada de ozono”. O metano é o gás que gera maiores cuidados devido ao seu potencial de efeito de estufa, 21 a 23 vezes maior que o do dióxido de carbono.
- Odores nauseabundos – queixas da população residente nas imediações dos aterros relativamente a odores são comuns (Gendebein *et al*, 1992). Os odores provêm da fase inicial da fermentação ácida do aterro, onde são formados ácidos voláteis e mercaptanos. Para alguns destes compostos é necessária uma diluição de 1/1000000 para que estes deixem de ser captados pelo olfacto humano (Figura 2.9) (Young e Parker, 1983).

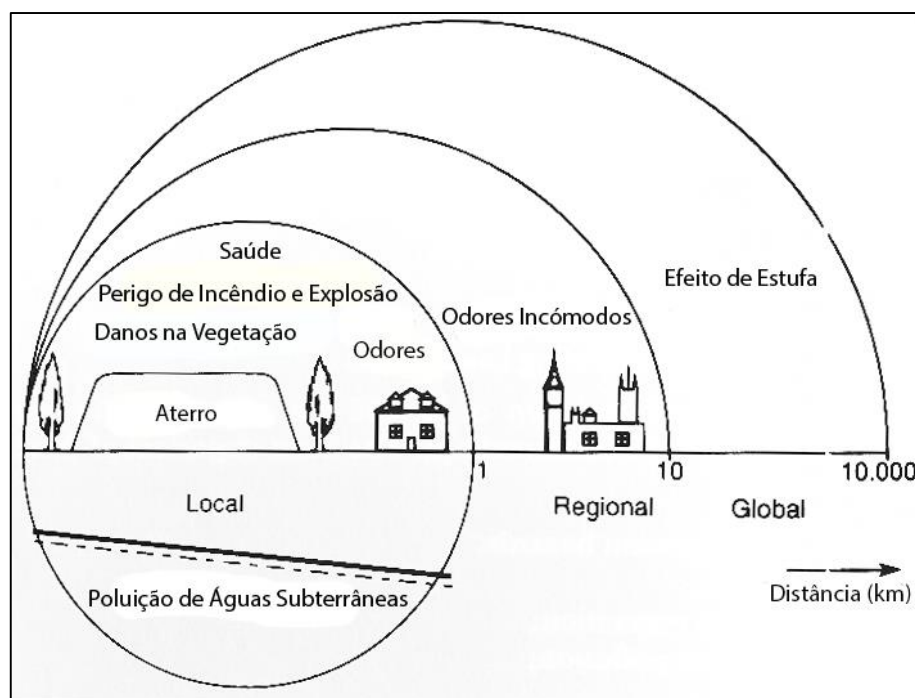


Figura 2.9 – Efeito espacial da migração do biogás para além das fronteiras do aterro (adaptado de Christensen *et al*, 1996)

2.4.3.4. Captação e Controlo do Biogás

Existem várias estratégias para prevenir a emissão de biogás. Podem ser instalados drenos de recuperação de gás dentro e ao longo dos taludes de confinamento do aterro, como uma rede de monitorização de drenos. O caudal e as pressões nos drenos de recuperação devem ser monitorizados para prevenir a migração de gás para a atmosfera ou para além das fronteiras laterais do aterro.

Por outro lado, a extracção do gás deve ser ajustada para minimizar a introdução de oxigénio atmosférico no interior do aterro, que é letal para as bactérias anaeróbias responsáveis pela produção de metano e estabilização de resíduos orgânicos. Descrevem-se em seguida os diferentes métodos de captação de biogás gerado no interior dos aterros sanitários.

➤ Sistemas de Captação de Biogás

O biogás produzido na massa de resíduos é captado através de um sistema compressor que cria diferencial de pressão em tubagens, ligadas a drenos, aplicados de acordo com um dos seguintes métodos:

➤ Sistema de Captação Vertical (SCV)

O SCV deve ser instalado em áreas onde já tenha ocorrido a deposição final de resíduos. A perfuração deste tipo de sistema deve ocorrer até dois terços da profundidade da massa de resíduos, onde usualmente estes se encontram saturados. A tubagem deve ser ranhurada a 360° à excepção da parte superior (primeiros 3 metros), para impedir a intrusão de oxigénio (SWANA, 1997). Para impedir a colmatação do poço por lamas e condensado, este deve ter uma tubagem anexa para bombeamento de lixiviados ou lamas. O poço deve ser circundado de escória ou material similar que facilite a subida do gás e a descida do lixiviado. A área de influência de um poço pode variar dependendo das características e saturação dos resíduos e da configuração e impermeabilização da célula. A grelha de drenos pode variar entre 15 metros a 60 metros entre drenos, no entanto para casos de aproveitamento energético esta deve ser mais estreita, entre os 15 metros e os 25 metros entre drenos (U.S. ACE, 2013).

➤ Sistema de Captação Horizontal (SCH)

O SCH é instalado durante a deposição de resíduos, em patamares equidistantes e não deve ser aplicado no encerramento de aterros antigos (U.S. ACE, 2013). Na instalação decorre-se à abertura de trincheiras na massa de resíduos onde após uma primeira camada de composto é assentada a tubagem, ranhurada a 180° na parte inferior. Por fim deve ser colocada escória em volta do dreno e uma camada de geomembrana por

cima de modo a evitar infiltrações de lixiviado e intrusão de ar. Esta medida é muito importante caso o dreno seja instalado a menos de 9 metros de profundidade.

Quando as cotas limite de deposição de resíduos são atingidas, devem instalar-se drenos verticais para aumentar a captação de gás e a eficiência geral do sistema (SWANA, 1997).

Os testes realizados por McCarron *et al* (2003), mostram que o raio de influência dos drenos horizontais não é de forma cilíndrica como previsto no modelo teórico, mas sim de forma elíptica, tornando este raio maior do que o raio circular dos drenos verticais. O comprimento dos drenos horizontais é também maior do que o dos verticais, pela sua facilidade de colocação. Assume-se desta forma uma zona de influência maior para os drenos horizontais do que para os verticais.

➤ Sistema de Captação em Estrela (SCE)

Este sistema é uma derivação formada pelo conjunto dos dois sistemas anteriores (SCV e SCH), onde se fazem ligações entre drenos verticais e horizontais, de modo a criar uma rede de captação interna na massa de resíduos. No caso de estudo este sistema não está construído mas será tida em conta a zona de influência conjunta do SCV e do SCH.

O projecto do sistema de recolha e monitorização também depende da existência da cobertura dos resíduos depositados e compactados ao longo das diversas camadas que formatam o aterro. Após o enchimento, os resíduos são normalmente cobertos por um sistema de selagem de baixa permeabilidade, que limita a infiltração de água, minimizando a formação de lixiviados. A cobertura reduz a emissão de biogás para a atmosfera, mas a migração lateral de gás para além das fronteiras do aterro pode aumentar se este não estiver devidamente impermeabilizado. (Nastev *et al*, 2001).

O método de exploração do aterro também condiciona a maior ou menor viabilidade de captação do biogás e a estrutura do seu encerramento e selagem é fundamental para evitar fugas ou emissões difusas do metano e dióxido de carbono para a atmosfera.

2.4.4. Métodos de Exploração do Aterro

Um aterro sanitário deve ser explorado de modo faseado, através do preenchimento de células independentes. Cada célula é composta por alvéolos, preenchidos também individualmente, podendo complementar-se posteriormente, após serem alcançadas as cotas superiores projectadas. O enchimento é feito através de células diárias de RSU que correspondem ao volume diário de resíduos. De acordo com Levy e Cabeças (2006), os diferentes métodos de deposição dos resíduos são os seguintes:

- Método Tradicional

Neste método os resíduos são depositados a granel, sendo arrumados e compactados posteriormente, dando forma à célula diária. O arranjo espacial projectado vai sendo assim preenchido até se atingirem as cotas finais de enchimento. De acordo com este método, a compactação dos resíduos alcança valores entre os 600 e os 800 kg.m³.

- Método por Enfardamento

O método de enfardamento consiste num sistema de transferência e depósito de resíduos previamente compactados em fardos. A compactação é feita em equipamento próprio, dentro de uma nave e de seguida o fardo é transferido para viaturas que o transportam para o aterro, conseguindo-se uma deposição dos resíduos mais harmoniosa. Este método consegue uma compactação dentro de 1 a 1,2 ton.m⁻³.

- Método Misto

Este método aplica-se através da conjunção dos dois métodos referidos anteriormente. O enchimento das zonas de paramentos dos taludes e zonas estratégicas são feitos a granel, enquanto o restante volume é preenchido por fardos. Desta forma privilegiam-se zonas específicas de maior permeabilidade vertical internamente e ao nível dos taludes. É possível através do método misto criar estratos alternados com fardos e resíduos a granel, obtendo-se uma formação designada por “sandwich”, criando vantagens ao nível da percolação horizontal e drenagem horizontal do biogás.

- Método com Trituração Prévia dos Resíduos

O método de trituração necessita de equipamento próprio de trituração que pode estar dentro de uma nave ou perto da frente de trabalho. Os níveis de compactação que se obtêm situam-se entre os do método tradicional e os do método de enfardamento, ou seja, entre 800 kg.m⁻³ e 1 ton.m⁻³. Neste método, a trituração forma resíduos muito homogéneos, o que torna a entrada de ar difícil e tarda o começo da degradação. É possível dessa forma cobrir os resíduos com terra apenas de duas em duas semanas. A operação é semelhante à do método tradicional.

2.4.5. Estrutura de Encerramento

A fase de encerramento tem início quando se alcança a cota máxima de capacidade do aterro definida no projecto ou indicada na licença de exploração. Os objectivos do sistema de cobertura passam por garantir condições sanitárias e de segurança, tendo em consideração também critérios paisagísticos.

Com o passar dos anos, é necessário garantir estabilidade e integridade da cobertura, que tem de lidar com alterações de clima e consequente saturação e secagem alternadas da massa de

resíduos, podendo provocar fissuras. A consolidação de resíduos pode influenciar a cobertura por abatimento. Uma boa cobertura deve garantir a minimização do escoamento superficial e a sua infiltração, de modo a produzir o mínimo de lixiviado possível e impedindo-o de migrar lateralmente pelo talude. A emissão de gases deve ser controlada e minimizada após boa cobertura do aterro, coadjuvada por um sistema de extracção e aproveitamento de biogás.

A cobertura deve impedir o contacto de pessoas e animais com os resíduos e também deve minimizar a probabilidade de ocorrência de incêndios. O sistema de cobertura final de um aterro deve ter os seguintes componentes, indicados de baixo para cima:

- Cobertura do solo compactado com espessura compreendida entre 20 e 30 cm;
- Geomembrana de PEAD ou camada mineral natural com 0,5 m de espessura ou k inferior a 10^{-9} m.s^{-1} ;
- Geotêxtil não tecido com função de tampão para possíveis fugas de biogás;
- Camada drenante de material mineral natural com k superior ou igual a 10^{-4} m.s^{-1} , com 20 cm de espessura ou em alternativa um geocompósito drenante;
- Geotêxtil não tecido com função de separação entre camada de selagem e camada drenante;
- Camada de material terroso, com 50 cm de espessura;
- Camada de terra vegetal, com 20 cm de espessura.

A última camada de terra vegetal deve ser complementada com vegetação autóctone e funciona como protecção à erosão provocada pelo escoamento superficial, reduz odores e infiltração e incorpora o aterro na paisagem, minimizando os seus impactes visuais.

Expostos o factores que condicionam a produção e captação do biogás, importa também efetuar uma monitorização adequada para controlo dos efluentes líquidos e emissões gasosas do biogás através de um plano de monitorização contínuo.

2.4.6. Monitorização

A monitorização tem de ser efectuada para todos os parâmetros susceptíveis de criar distúrbios ambientais, tanto na fase de exploração como no pós-encerramento.

Na fase de exploração têm de ser controlados o plano de enchimento e os assentamentos, assim como a evolução da topografia. O plano de enchimento é executado através dos seguintes parâmetros:

- Superfície ocupada pelos resíduos;
- Volume e composição dos resíduos;
- Método de deposição;
- Início e duração da deposição;
- Cálculo da capacidade de deposição disponível.

Os lixiviados monitorizam-se através de métodos analíticos de referência previstos no Decreto-Lei nº 183/2009 de 10 de Agosto (Anexo XXII).

Na Tabela 2.2 são descritos os parâmetros mais importantes a analisar assim como a frequência de análise:

Tabela 2.2 – Controlo de Lixiviados (Fonte: Decreto-Lei nº 183/2009 de 10 de Agosto)

Frequência	Parâmetros a Monitorizar no Lixiviado
Quinzenal	Nível de Lixiviados
Mensal	Volume, pH, Condutividade, CQO, Cloretos, Amónia
Trimestral	Carbonatos, Bicarbonatos, Cianetos, Arsénio, Cádmio, Crómio Total (caso se aplique Crómio VI), Mercúrio, Chumbo, Potássio, Índice de Fenóis
Semestral	COT, Fluoretos, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Sulfuretos, Alumínio, Bário, Boro, Cobre, Ferro, Manganésio, Zinco, Níquel, Cálcio, Magnésio, Sódio, Selénio, AOX, Hidrocarbonetos totais

As águas superficiais têm de ser controladas antes do início da exploração do aterro, para definir valores de referência para futuras análises (Levy e Cabeças, 2006). Durante a exploração, estas devem ser controladas a montante e a jusante do aterro, com frequência trimestral. As águas subterrâneas são outro parâmetro a controlar no aterro.

Se estas estiverem com valores fora dos intervalos admissíveis para certos parâmetros é necessário dar o alerta pois a barreira passiva do aterro pode ter ficado comprometida e pode existir uma fuga de lixiviado e/ou biogás. Os parâmetros a controlar nas águas subterrâneas são descritos na Tabela 2.3:

Tabela 2.3 – Controlo de Águas Subterrâneas (Fonte: Decreto-Lei nº183/2009, de 10 de Agosto)

Frequência	Parâmetros a Monitorizar
Mensal	pH, Condutividade, Cloretos
Semestral	COT, Cianetos, Arsénio, Cádmio, Crómio Total (caso se aplique Crómio VI), Mercúrio, Níquel, Chumbo, Selénio, Potássio, Índice de Fenóis)
Anual	Carbonatos, Bicarbonatos, Fluoretos, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Sulfuretos, Alumínio, Amónia, Bário, Boro, Cobre, Ferro, Arsénio, Cádmio, Manganésio, Zinco, Cálcio, Magnésio, Sódio, AOX

A bacia de lixiviados tem monitorização diária da capacidade disponível de lixiviado na bacia, atendendo ao bom funcionamento do sistema de tratamento de lixiviado. A monitorização semanal ou após precipitação significativa do caudal de entrada de lixiviados é também necessária.

O biogás tem de ser monitorizado atendendo aos seus malefícios mas também como oportunidade económica. Este pode ser medido nos próprios drenos de biogás ou na entrada do queimador.

Os parâmetros a medir são o metano, dióxido de carbono e oxigénio, com período mensal. Outros parâmetros como volume de precipitação, temperatura e direcção e velocidade do vento devem ser monitorizados diariamente e sempre que seja justificável devem incluir-se os registos da humidade atmosférica e da evaporação.

2.5. Modelos Teóricos de Previsão de Produção de Biogás

2.5.1. Palos Verdes

Este modelo de dois estágios, de primeira ordem, foi produzido no aterro de Palos Verdes, na Califórnia. Numa primeira fase é a taxa de produção de gás é proporcional ao volume de gás já produzido, ocorrendo um crescimento exponencial ao longo do tempo (Christensen *et al*, 1996).

A equação que descreve esta primeira fase é a seguinte:

$$\frac{dG}{dt} = k_1 \cdot G$$

Onde:

G é a produção de biogás;

t é o tempo;

k₁ é a constante de velocidade de produção de gás.

Numa segunda fase ocorre um decréscimo exponencial da produção de gás de acordo com este modelo. O máximo de produção é o ponto de intersecção das duas equações (EMCON, 1980, citado por Christensen *et al*, 1996).

A segunda equação é descrita da seguinte forma:

$$\frac{dL}{dt} = -k_2 \cdot L$$

Onde:

L é o volume de gás produzido;

t é o tempo;

k₂ é a constante de velocidade de produção de gás.

2.5.2. Sheldon-Arleta

O modelo de Sheldon-Arleta é semelhante ao anterior, de primeira ordem e baseado numa cinética de dois estágios de produção de gás. Esta aplicação foi adaptada de uma curva de produção de gás para digestores anaeróbios de lamas de águas residuais (EMCON, 1980, citado por Christensen *et al*, 1996).

A quantidade carbono dos resíduos é assumida como 26% em peso, ficando 31% descrito como facilmente biodegradável e 66% dificilmente biodegradável.

Os resíduos biodegradáveis são assim divididos em duas classes, em que para cada classe é definido um semi tempo ($t_{1/2}$), onde a produção de gás chega ao seu máximo.

O tempo de produção total de gás para uma classe pode ser definido na curva de Fair e Moore de acordo com a equação seguinte:

$$t_{total} = t_{1/2} \cdot 0,35$$

2.5.3. Scholl Canyon

O modelo de Scholl Canyon é de apenas um estágio e assume que a produção de biogás começa com uma taxa máxima após um período de instalação e crescimento da população bacteriana. Após esse período, a taxa de produção vai decrescendo continuamente de acordo com uma cinética de primeira ordem.

A disponibilidade de substrato e a humidade são parâmetros limitativos a considerar (Christensen *et al*, 1996). A equação que descreve o modelo é a seguinte:

$$-\frac{dL}{dt} = kL$$

Onde:

L é o volume de metano produzível restante;

t é o tempo;

k é a constante de velocidade de produção de gás

2.5.4. MGM EMCON

O modelo da MGM EMCON é um modelo computadorizado muito usado para estimar o potencial de produção de biogás. Os factores a considerar são a quantidade, composição e humidade dos resíduos, o tempo de instalação da população bacteriana e o tempo necessário de transformação da matéria orgânica em biogás.

Este modelo divide a matéria orgânica em facilmente degradável, moderadamente degradável e dificilmente degradável. Para cada classe o modelo gera uma curva, cuja soma fornece a produção de metano para a composição de resíduos especificados.

Para cada componente dos resíduos e para um certo peso de resíduo húmido é calculado o potencial de geração de metano, de acordo com a seguinte equação (Gendebien *et al*, 1992, citado por Christensen *et al*, 1996):

$$Ci = k \cdot k' \cdot Wt \cdot Pi \cdot (1 - Mi) \cdot Vi \cdot Ei$$

Onde:

Ci é o componente i da massa de resíduos;

k = 351 L CH₄/kg CQO;

k' = 1,5 kg CQO/kg L/s;

Wt é o peso total do resíduo húmido (kg);

Pi é a fracção do componente i no resíduo (kg componente i / kg resíduo húmido);

Mi é fracção de humidade do componente i (kg de água / kg de resíduo húmido);

Vi é a fracção de sólidos voláteis do componente i (kg SV/ kg componente i seco);

Ei é a fracção biodegradável de sólidos voláteis secos do componente i (kg SV biodegradáveis / kg SV no componente i);

A produção de gás total é a soma de todas as produções obtidas pela degradação de cada componente, representada pela seguinte equação:

$$Ct = \sum_{i=1}^n Ci$$

2.5.5. LandGEM

Criado pela United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), o modelo LandGEM segue uma equação de taxa de decaimento de primeira ordem para estimar a quantidade de metano presente no biogás produzido num aterro, durante um certo período de tempo. (U.S. EPA, 2005).

O modelo é apresentado na seguinte equação:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k L_o (M_i/10) (e^{-kt_{ij}})$$

Onde:

Q_{CH_4} = Caudal de metano produzido no ano de cálculo (m^3/ano);

k = taxa de produção de metano (ano^{-1});

L_0 = potencial de produção de metano (m^3/ton RSU);

M_i = massa de resíduos confinados no ano i (ton);

n = ano de início de cálculo (ano de arranque da instalação);

i = incremento de tempo (1 ano);

j = incremento de tempo (0,1 ano);

t_{ij} = período de tempo que decorreu desde o confinamento da massa de resíduos M_i no ano i (ano).

Um dos pressupostos deste modelo é a chegada ao pico de produção de metano rapidamente após a colocação dos resíduos no aterro, logo que se cheguem a condições de anaerobiose.

Outro pressuposto é o decaimento exponencial da taxa de geração de metano à medida que a matéria orgânica é degradada pelas bactérias anaeróbias (modelo de decaimento de primeira ordem) (U.S. EPA, 2005).

Os três parâmetros necessários para correr o modelo são o M_i , k e L_0 .

O parâmetro k varia consoante a humidade, temperatura, matéria orgânica disponível e pH.

O valor de L_0 depende quase exclusivamente do tipo de resíduos que são depositados no aterro, à excepção de locais áridos onde a falta de humidade pode limitar a formação de metano (U.S. EPA, 2005).

3. CASO DE ESTUDO. Célula C- ATERRO DO SEIXAL

3.1. AMARSUL SA. Aterro Sanitário do Seixal

O aterro sanitário do Seixal é parte integrante do ecoparque do Seixal, pertencente à AMARSUL, que ainda tem mais dois ecoparques em Palmela e Setúbal. A AMARSUL, constituída em 1997, pelo decreto-lei n.º 53/97 de 4 de Março, é responsável pela exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos da Margem Sul do Tejo, correspondente aos nove municípios da península de Setúbal (AMARSUL, 2015) (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Sistema Multimunicipal da AMARSUL (Fonte: Site AMARSUL)

A evolução da população residente no sistema desde o início da exploração do aterro sanitário do Seixal (célula A em 1995) até 2013, assim como a área e densidade populacional dos concelhos são apresentados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – População residente, área e densidade populacional dos concelhos servidos pela AMARSUL. (Fonte: INE)

Concelho	População em 1995 (hab.)	População em 2013 (hab.)	Área (km ²)	Densidade Populacional em 1995 (hab./km ²)	Densidade Populacional em 2013 (hab./km ²)
Alcochete	11363	18410	128	89	143
Almada	154997	170756	70	2208	2432
Barreiro	81886	77212	36	2250	2122
Moita	65866	65433	55	1192	1184
Montijo	36913	53939	349	106	155
Palmela	48111	63752	465	103	137
Seixal	132780	162516	96	1390	1702
Sesimbra	31818	50337	195	163	258
Setúbal	107962	118689	230	469	515
Total	671696	781044	1625	413	481

A população aumentou em todos os concelhos à excepção da Moita e do Barreiro, com decréscimos de 0,7% e de 5,7%, respectivamente. Os maiores aumentos percentuais são de Alcochete, Sesimbra e Montijo, com 62,0%, 58,2% e 46,1%, respectivamente. Em termos unitários, os concelhos de Almada, Seixal e Setúbal apresentam os maiores valores de população, considerados como grandes centros urbanos, todos com mais de 100 mil habitantes. Os concelhos mais compactos em termos de densidade populacional são Almada e Barreiro, com mais de 2000 hab./km². O Seixal e a Moita têm também uma densidade populacional relevante para um sistema de recolha de resíduos urbanos, com mais de 1000 hab./km².

Implantado numa zona de vale, o aterro do Seixal segue o método tradicional de deposição de resíduos. A célula A (1995-1999) e a célula B (1999-2004) já atingiram as cotas superiores de projecto, estando já devidamente seladas. Neste momento está a ser preenchida a célula C (Figura 3.2) que teve o seu início em 2001, assim como a célula D (desde 2008 até ao presente) que serve para deposição de pneus, resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE) e monos. O volume de encaixe projectado para as quatro células é de 1.409.212 m³ (Relatório Ambiental Anual do Aterro Sanitário do Seixal (RRA-AAS), 2014).



Figura 3.2 – Frente de deposição de resíduos actual no aterro do Seixal, célula C (retirado no dia 18-05-2015 por Diogo Miranda).

Os lixiviados produzidos no aterro sanitário do Seixal e na central de valorização orgânica são drenados para um tanque de equalização onde posteriormente são bombados para o colector municipal que termina na Estação de Tratamento de Água Residual (ETAR) da Quinta da Bomba. As águas residuais produzidas no aterro são drenadas directamente ao colector municipal anteriormente referido, chegando à ETAR da Quinta da Bomba.

Os efluentes provenientes das instalações sanitárias anexas ao Sistema de Aproveitamento Energético do Biogás (SAEB) são conduzidos por fossa estanque e através de um limpa fossas são conduzidas ao tanque de equalização (RAA-ASS, 2014). As águas residuais provenientes da oficina de manutenção, lavagem de viaturas, fossa de lavagem de máquinas e do posto de armazenamento de combustível são encaminhadas ao tanque de equalização após passagem por um separador de hidrocarbonetos. Durante o período de 2014 as águas residuais foram descarregadas sem pré-tratamento (RAA-ASS, 2014). A percentagem de caudal proveniente do AAS a tratar na ETAR da Quinta da Bomba é de 4,13% tendo em conta o caudal tratado naquela ETAR em 2014 (RAA-ASS, 2014). O autocontrolo da ETAR para o ano de 2014 encontra-se na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 – Autocontrolo da ETAR da Quinta da Bomba (Fonte: RAA-ASS, 2014)

Parâmetros	Carga Afluente à ETAR	Carga Final Poluente	Eficiência (%)
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	420	126	70
CQO (mg O ₂ /L)	768	256	67
SST (mg/L)	281	87	69
N total (mg N/L)	124	96	23
P total (mg P/L)	17	12	29
Óleos e Gorduras (mg/L)	14	8	43

3.2. Situação do Aterro e descrição da problemática em estudo

3.2.1. Produção de biogás e energia eléctrica no aterro sanitário do Seixal

A queima do biogás no aterro sanitário do Seixal começou em 2003 e o seu aproveitamento energético em 2004. Segundo o RAA-ASS as características do biogás extraído (Tabela 3.3) no ano de 2012 foram as seguintes:

Tabela 3.3 – Características do Biogás extraído no ASS no ano de 2012 (Fonte: RAA-ASS, 2012)

Parâmetro	Unidades	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
Caudal	m ³ /h	391	373	373	406
Volume	m ³ /h	1683492	1595490	1559898	1448395
h func. Motores	h	4306	4277	4186	3568
Metano (CH ₄)	%	52	50	50	53
Dióxido de Carbono (CO ₂)	%	33	31	31	33
Oxigénio (O ₂)	%	0	0	0	0
Azoto (N ₂)	%	15	19	19	14
Poder Calorífico Inferior (PCI)	GJ/m ³	0,0211	0,0202	0,0203	0,0216
Nota: O PCI do biogás não foi medido, no entanto foi estimado a partir dos resultados de monitorização obtidos (Fonte: RAA-ASS, 2012).					

Os níveis de metano no biogás estão no limiar inferior do intervalo aceitável para aproveitamento energético. Os níveis de azoto são elevados e existem contaminações por oxigénio.

Na Tabela 3.4 são descritos o volume de biogás valorizado, as horas de funcionamento dos motogeradores (fontes de emissão FF1 e FF2), o aproveitamento energético conseguido e o cálculo do aproveitamento específico para os últimos três anos.

Tabela 3.4 – Biogás valorizado, horas de funcionamento dos motores e aproveitamento energético do ASS. (Fonte: RAA-ASS, 2012-2014)

Ano	Biogás Valorizado (m ³)	Funcionamento Total (h) (Fontes de Emissão FF1,FF2)	Aproveitamento Energético (kWh)	Aproveitamento Específico (kWh/m ³)
2012	6287275	16337	12678000	2,02
2013	5598529	15356	10912000	1,95
2014	5098797	16573	9346000	1,83

Da análise da tabela verifica-se um decréscimo anual do volume de biogás captado, do aproveitamento energético e do aproveitamento específico.

O SAEB do ASS é constituído por:

- Sistema de extracção de biogás, composto por drenos verticais e horizontais (Figura 3.3) que extraem o biogás das células B e C (aspiração por compressor);



Figura 3.3 – Pormenor do poço vertical V4 (esquerda) e poço horizontal H46 (direita)

- Válvulas manuais de controlo de saída do gás em cada dreno (Figura 3.4);



Figura 3.4 – Pormenor do poço H34, com válvula manual de controlo de saída de gás

- Colector perimetral que drena o biogás até ao queimador (Figura 3.5);



Figura 3.5 – Pormenor do colector perimetral de biogás

- Válvulas manuais de desvio de condensados colocadas ao longo do collector (Figura 3.6);



Figura 3.6 – Pormenor de válvula manual de desvio de condensados

- Estação de regularização e monitorização (ERM), situada na imediação da célula B (Figura 3.7);



Figura 3.7 – Pormenor da estação de regularização e medição de caudal do biogás

- Compressor para aspiração do biogás ao longo do colector, criando diferencial de pressão;
- Queimador;
- Dois motogeradores com capacidade unitária de 888 kW (Figura 3.8 e Figura 3.9);
- Transformador para introdução de energia eléctrica na rede;
- Flare para queima de biogás sem potencial de aproveitamento energético (Figura 3.10).



Figura 3.8 – Contentores dos motogeradores 1 e 2 do SAEB do ASS



Figura 3.9 – Pormenor do motogerador 1 do SAEB do ASS



Figura 3.10 – Pormenor do desvio de biogás para queima no flare

Como necessidade de comparação teórica para o estudo, recorreu-se ao programa LandGEM para simular os valores de produção de metano da zona piloto a testar. Tratando-se de uma zona piloto escolhida no interior da célula C tendo em vista o raio de acção dos drenos escolhidos, os volumes apresentados no programa LandGEM são uma aproximação à realidade colocada.

Os volumes colocados no programa para cada ano (i) de 2007 a 2014 resultaram do cálculo de volumes dado pelo levantamento topográfico anual (Figura 3.11) realizado na célula C, de acordo com a seguinte equação:

$$Vi = \frac{A0 + A1}{2} \cdot D0 + \frac{A1 + A2}{2} \cdot D1 + \frac{A2 + A3}{2} \cdot D2 + \frac{A3 + A4}{2} \cdot D3$$

Onde:

V_i é o volume (m^3) de resíduos depositados na zona piloto para o ano i;

$A0$ e $A4$ são áreas (m^2) nulas;

$A1$ é a área (m^2) de resíduos para o ano i no corte P2-P2';

$A2$ é a área (m^2) de resíduos para o ano i no corte P3-P3';

$A3$ é a área (m^2) de resíduos para o ano i no corte P4-P4';

$D0$ e $D3$ são distâncias (m) assumidas entre os limites da zona piloto e o corte P2-P2' e P4-P4', respectivamente;

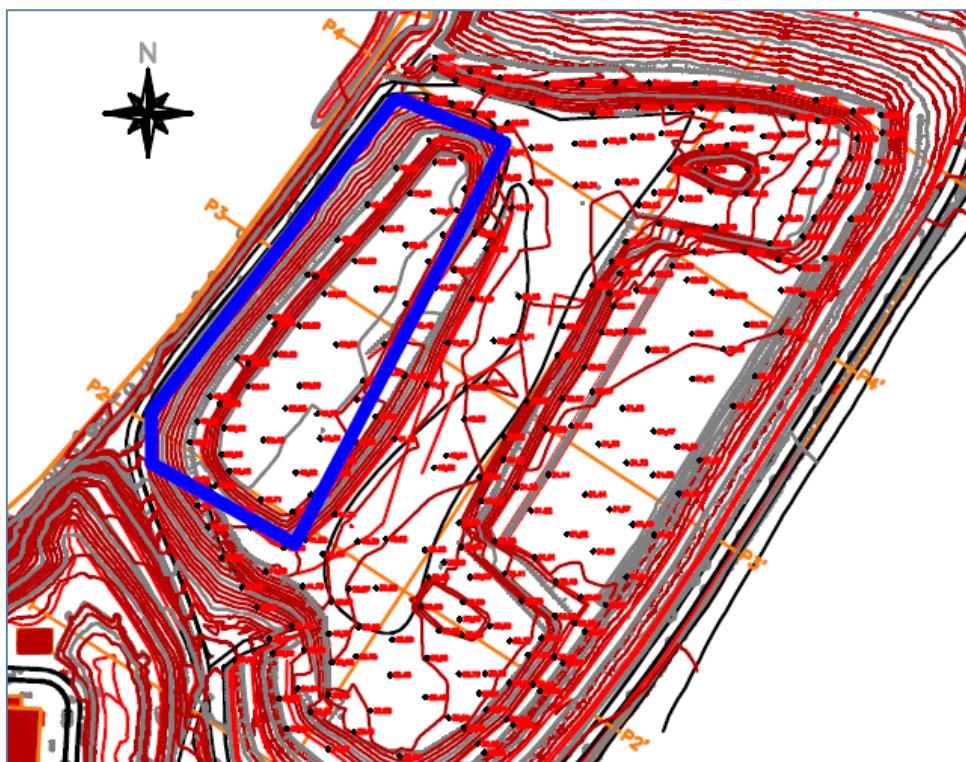


Figura 3.11 – Delimitação da zona piloto de estudo na célula C do aterro sanitário do Seixal (rectângulo azul)

Como o primeiro levantamento topográfico foi realizado a 12 de Janeiro de 2007, os volumes depositados de 2001 a 2006 na zona piloto não poderiam ser obtidos pelo método anterior.

Partindo do pressuposto que os estratos foram colocados de modo uniforme como se verifica nos cortes P2-P2', P3-P3' e P4-P4' para os anos de 2007 a 2014, os volumes de 2001 a 2006 foram calculados da seguinte forma:

- Através dos dados de RSU depositados na totalidade da célula C anualmente, verificou-se a percentagem contida na zona piloto, para os anos de 2007 a 2014;
- Com as percentagens do ponto anterior obteve-se a média percentual anual de 2007 a 2014, com o valor de 23,3%;
- Essa média foi multiplicada pelo total de RSU depositados na célula C nos anos de 2001 a 2006, obtendo-se os volumes inseridos no programa LandGEM para esses anos.

No programa LandGEM foram introduzidos as seguintes quantidades de RSU (t) calculados para a zona piloto de 2001 a 2014, atendendo a uma densidade de 1,25 kg/m³ de RSU (Tabela 3.5):

Tabela 3. 5 – Volume de RSU calculados para a zona piloto entre os anos de 2001 e 2014.

Ano	Volume RSU (m ³)	RSU (t)
2001	-	25633
2002	-	22090
2003	-	30630
2004	-	43278
2005	-	53774
2006	-	64105
2007	49955	62444
2008	35838	44797
2009	19533	24416
2010	89320	111649
2011	45080	56350
2012	31199	38998
2013	10458	13073
2014	3558	4447

O valor do parâmetro L_0 resultou da caracterização física dos resíduos recebidos no ASS, obtendo-se o valor de 97 m³/t. O valor de k utilizado foi de 0,06, atendendo aos dois factores que mais influenciam o factor k, a humidade e a degradabilidade dos RSU depositados (Cabeças, 2011).

A célula C teve o seu início de exploração em 2001. Para calcular o potencial da zona piloto, definiu-se o encerramento da célula para o ano de 2014. A capacidade de encaixe na zona piloto é o total encaixado de 595683 t até ao final de 2014. A percentagem de metano no biogás foi assumida em 52%, através dos dados fornecidos na Tabela 3.3.

Os dados introduzidos no modelo LandGEM para o cálculo teórico do potencial de produção de biogás na zona piloto foram os seguintes (Tabela 3.6):

Tabela 3.6 – Parâmetros a introduzir no modelo LandGEM.

Parâmetro	Valor
Ano de Início da Exploração	2001
Ano de Encerramento da Exploração	2014
Volume Anual de Resíduos Depositados	Tabela 3.4
Capacidade de Encaixe (t)	595683
K (ano ⁻¹)	0,06
Lo (m ³ /t)	97
% CH ₄ no Biogás	52
Gases Avaliados	CH ₄ e CO ₂

O resultado obtido segundo os parâmetros especificados demonstra-se na Figura 3.12:

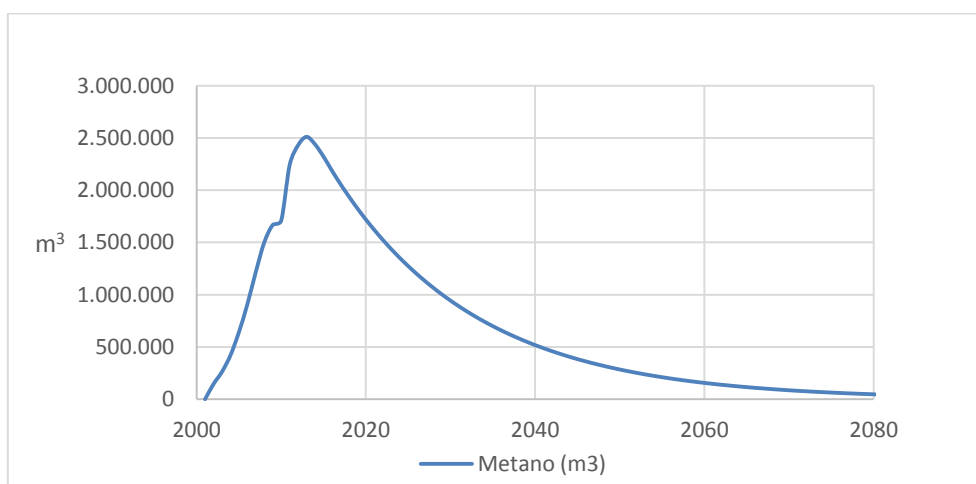


Figura 3.12 – Produção Teórica de Metano na Zona Piloto (LandGEM).

Atendendo aos pressupostos fixados a quantidade de metano teórica produzida para a zona piloto prevê um máximo de produção no ano de 2013 de 2,51 milhões de m³ de metano, aproximadamente. Segundo o modelo a massa de resíduos estará no início do decaimento de produção no ano presente. Em 2020 o valor de produção será próximo de 1,72 milhões de m³, em 2040 de 518 mil m³ e em 2060 de 156 mil m³. Este cálculo foi efectuado atendendo a condições ideais de degradação dos resíduos, que não se verificam na realidade.

Com a quantidade teórica de metano produzida, estimou-se a energia eléctrica potencial teórica produzida no ASS, seguindo a seguinte metodologia (Silva, 2014):

- Assumiu-se para o metano uma densidade de 0,667 kg/m³ e um valor de 50% na constituição do biogás;

- Assumiu-se um PCI para o biogás de 50 MJ/kg (Despacho nº17313/2008 de 26 de Junho);

$$1^{\circ} \text{ Cálculo: } 50 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \times 0,667 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 33,35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$$

$$2^{\circ} \text{ Cálculo: } 1 \text{ MJ} = 0,28 \text{ kWh} \rightarrow 33,35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} = 9,34 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

$$3^{\circ} \text{ Cálculo: PCI biogás} = \text{PCI metano} \times 50\% = 9,34 \text{ kWh/m}^3 \times 0,5 = 4,67 \text{ kWh/m}^3$$

Para o cálculo da energia eléctrica potencial produzida assumiram-se dois pressupostos:

- Estimativa do biogás captado nos aterros é de 70%;
- Eficiência do motor é de 40%.

Com os resultados do LandGEM, o PCI do biogás calculado e os pressupostos anteriores, estimou-se os valores potenciais de energia produzida por ano, de acordo com a metodologia adoptada por Silva (2014). O resultado é apresentado na Figura 3.13:

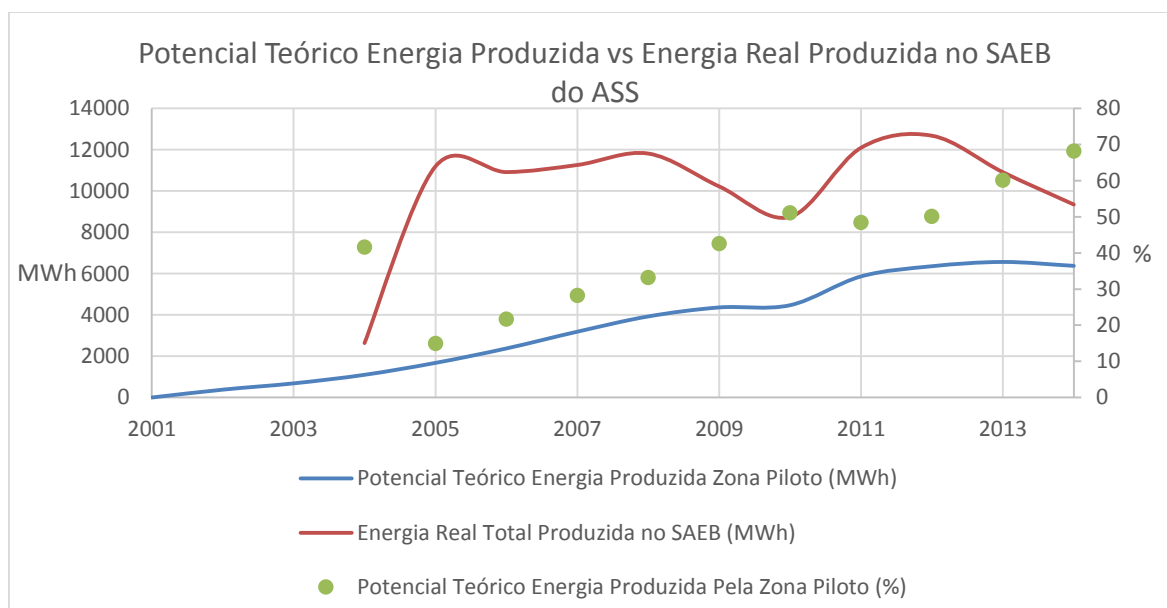


Figura 3.13 – Potencial Teórico de Energia da zona piloto e Energia Real Produzida Anualmente no SAEB do ASS.

Da análise da Figura 3.13 verifica-se um aumento constante da percentagem de energia que é teoricamente produzida na zona piloto em relação à energia total produzida. No início de 2015 foram colocados novos drenos horizontais na célula C, fora da zona piloto. Desta forma é expectável que a contribuição energética dada pela zona piloto da célula C venha a ter menos significado em 2015 e nos anos que se sucederem.

Foi ainda colocado no LandGEM a quantidade de resíduos totais recebidos na AMARSUL desde 2001. A Figura 3.14 mostra o potencial teórico de produção de metano gerado no LandGEM para a globalidade do ecoparque do Seixal e a produção real de energia no SEAB.

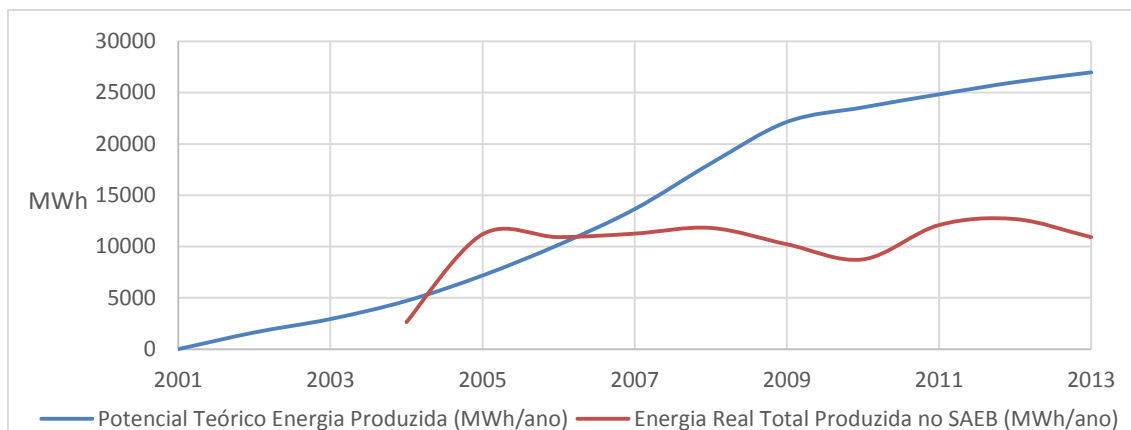


Figura 3.14 - Potencial Teórico de Energia do ASS vs Energia Real Produzida no SAEB do ASS

Nos anos de 2005 e 2006 verifica-se que a energia real produzida excedeu a teórica prevista no LandGEM. A percentagem de metano teórica estipulada para os cálculos foi tida em 52%, podendo nesses anos ter sido maior, pois nos primeiros anos de degradação dos resíduos estes podem ter maior poder energético.

As características dos resíduos depositados podem também ter sido diferentes dos actuais, pois em dez anos os hábitos de consumo dos habitantes e as normas de descarga por tipo de resíduos podem ter mudado.

3.2.2. Comparação da produção de energia eléctrica com outros aterros com tipologia semelhante

Como aterros de tipologia semelhante ao ASS no país identificaram-se os aterros sanitários da Suldouro (Vila Nova de Gaia) e da ALGAR (aterro do Barlavento, Portimão), atendendo à quantidade de RSU depositados e método de tratamento e valorização do biogás.

Com recurso ao modelo LandGEM estimou-se a quantidade de metano produzido para os aterros da Suldouro e da ALGAR. Para estes aterros assumiram-se os factores utilizados no cálculo do metano produzido no aterro do Seixal, à excepção do L_0 e do k , que mudam regionalmente. Os valores de L_0 e k para cada aterro foram os seguintes (Tabela 3.7):

Tabela 3.7 – Valores de L_0 e k para os sistemas em comparação (Fonte: Cabeças, 2011)

Aterro Sanitário	L_0 (m ³ /t)	K (ano ⁻¹)
Seixal-AMARSUL	97	0,06
Barlavento-ALGAR	100,3	0,04
Suldouro	101,7	0,06

Na Tabela 3.8 vê-se uma síntese da comparação efectuada para os três sistemas (adaptado de Silva, 2014):

Tabela 3.8 – Estimativa da produção de energia produzida no ASS da AMARSUL e em dois aterros de tipologia semelhante, ALGAR e Suldouro.

Ano	RU Depositados em Aterro (t)			Produção Energia Teórica (MWh) (LandGEM)			Energia Real Exportada (MWh)		
	AMARSUL	ALGAR	Suldouro	AMARSUL	ALGAR	Suldouro	AMARSUL	ALGAR	Suldouro
1998	-	98208	-	-	0	-	-	-	-
1999	-	115718	93666	-	1012	0	-	-	-
2000	-	125821	164436	-	2165	1455	-	-	-
2001	109779	131755	157284	0	3377	3925	-	-	-
2002	94605	151385	169970	1627	4602	6140	-	-	-
2003	131181	143288	174672	2934	5982	8423	-	-	-
2004	185347	149115	175516	4707	7224	10646	2637	-	2306
2005	230298	153867	173222	7179	8477	12752	11193	3836	8709
2006	274545	164967	179915	10173	9731	14701	10917	3051	8474
2007	353906	161842	177762	13649	11049	16640	11260	3391	14555
2008	344116	178849	180379	18098	12284	18432	11814	3400	20040
2009	182892	148333	180385	22143	13645	20161	10223	4637	22789
2010	178232	159679	180577	23563	14639	21789	8747	3810	27960
2011	178176	157494	161982	24832	15711	23326	12094	3785	34902
2012	166305	141023	144891	26026	16718	24484	12298	6330	35071
2013	166014	144292	135991	26974	17516	25309	10603	6351	43639

Da análise da Tabela 3.8 verifica-se que para o ASS da AMARSUL a energia real exportada é cerca de 55,9% da energia teórica calculada a partir do modelo LandGEM, para os resíduos colocados no aterro de 2001 a 2013. Para o aterro do Barlavento do sistema ALGAR a eficiência teórica de aproveitamento de energia é de 27,3%. Para o aterro da Suldouro o valor de energia real exportada supera em 5% vezes a produção teórica calculada.

Este resultado pode ser explicado pelo pressuposto aplicado de 52% de metano na composição do biogás para cálculo no LandGEM. Este valor foi assumido para o ASS. Para o aterro da Suldouro verificam-se percentagens de metano muito superiores a 52%, o que justifica a impossibilidade da produção real superar a teórica. A pluviosidade mais elevada no norte do país, o rigor no seguimento da metodologia de aplicação dos drenos e o método de exploração de cada aterro podem também justificar as diferenças obtidas entre o aterro da Suldouro e o par AMARSUL/ALGAR.

3.2.3. Emissões

Com a queima de biogás no SAEB do ASS evitam-se emissões directas de GEE para a atmosfera (CH₄ e CO₂). Com o aproveitamento energético reduz-se a necessidade de utilização de combustíveis fósseis (evitam-se emissões indirectas), ocorrendo uma poupança também nesse aspecto.

As emissões não evitadas, expressas em t CO₂ eq., consideraram a composição do biogás em 50% de CH₄ e 50% de CO₂. As quantidades (t) de CH₄ e CO₂ foram retiradas dos resultados do

LandGEM para a previsão de produção de biogás para a zona piloto. O potencial de GEE admitido para o CH₄ foi de vinte e uma (21) vezes o potencial de GEE do CO₂.

Para o cálculo das emissões de CO₂ equivalente para a atmosfera evitadas pela queima do biogás tomaram-se os seguintes pressupostos (adaptado de Silva, 2014):

- Queima de metano é descrita pela formula (Christensen *et al*, 1996):
$$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- Peso molar: CH₄ = 16g/mol ; CO₂ = 44 g/mol
- “Como o peso molar do CO₂ é superior ao do CH₄, por cada mol de CH₄ destruída existe formação de CO₂” (Silva, 2014)

As emissões directas (t CO₂ eq.) evitadas correspondem ao volume de CO₂ eq. queimado no motor e são traduzidas na seguinte equação:

- $$\text{CO}_2 \text{ eq. queimado (t CO}_2 \text{ eq.)} = 21 \times (\text{CH}_4 \text{ destruído no motor (t CO}_2 \text{ eq.)}) - \text{CH}_4 \text{ destruído no motor (t CO}_2 \text{ eq.)} \times 44/16$$

onde:

- $21 \times (\text{CH}_4 \text{ destruído no motor (t CO}_2 \text{ eq.)})$ é a quantidade potencial de GEE do CH₄ que seria enviado para a atmosfera sem a queima do biogás;
- $(\text{CH}_4 \text{ destruído no motor (t CO}_2 \text{ eq.)})$ é a quantidade potencial de CO₂ formado pela queima do biogás que é enviado para a atmosfera com a queima do biogás;
- 44/16 é a correcção da massa de CH₄ queimado para massa de CO₂, através dos respectivos pesos molares.

A emissão total para a atmosfera após queima do biogás consiste na soma do CO₂ formado através da queima do CH₄ com a quantidade de CO₂ existente no biogás (assumida em 50%).

Para o cálculo das emissões indirectas, relativas aos produtos de queima de combustível fóssil que não serão emitidos tendo em conta o recurso ao SAEB do ASS, recorreu-se ao factor de emissão médio do mix térmico fóssil PRO, com um valor de 608 t CO₂ eq./MWh (APREN, 2012).

As emissões indirectas foram calculadas segundo a seguinte equação (adaptado de Silva, 2014):

$$\text{Emissões indirectas evitadas (t CO}_2 \text{ eq.)} = \text{Energia eléctrica injectada na rede (MWh)} \times 608 \text{ t CO}_2 \text{ eq./MWh}$$

Os resultados das emissões directas sem queima do biogás, das emissões directas para a atmosfera com queima de biogás e das emissões indirectas poupadas em queima de combustíveis fósseis através do SAEB do ASS são visíveis na Figura 3.15 e na Figura 3.16:

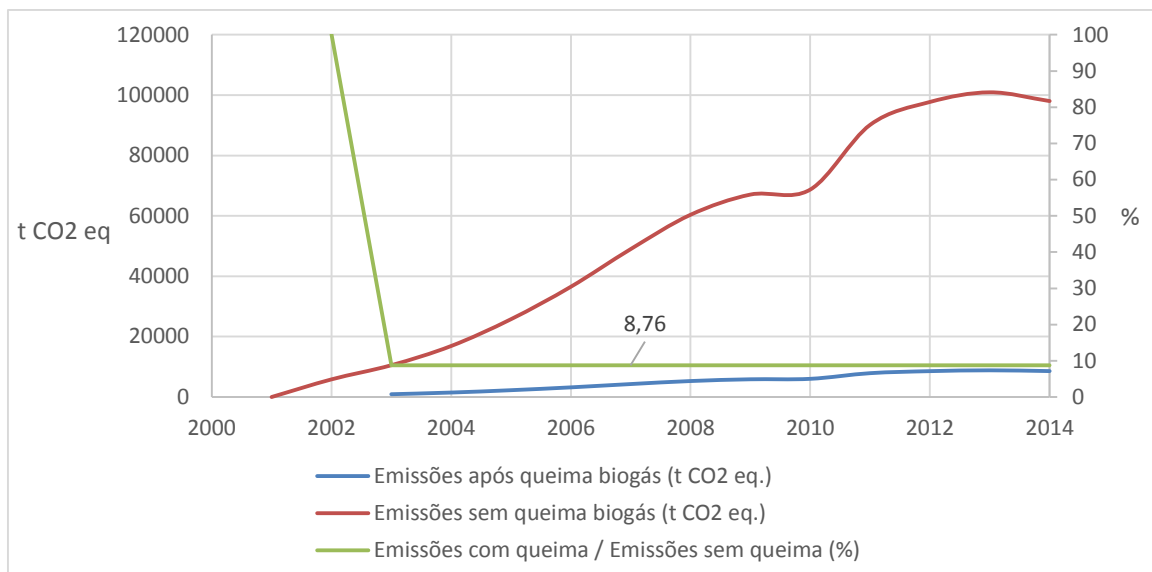


Figura 3.15 – Emissões de CH₄ e CO₂ com e sem SAEB no ASS.

A queima de biogás começou apenas em 2003. A partir desse ano, para os valores teóricos de biogás calculados pelo modelo LandGEM para a massa de resíduos da zona piloto e admitindo uma eficiência de queima do metano constante obtém-se uma percentagem de redução de emissões de 91,24%, correspondente a 664 mil t de CO₂ eq.

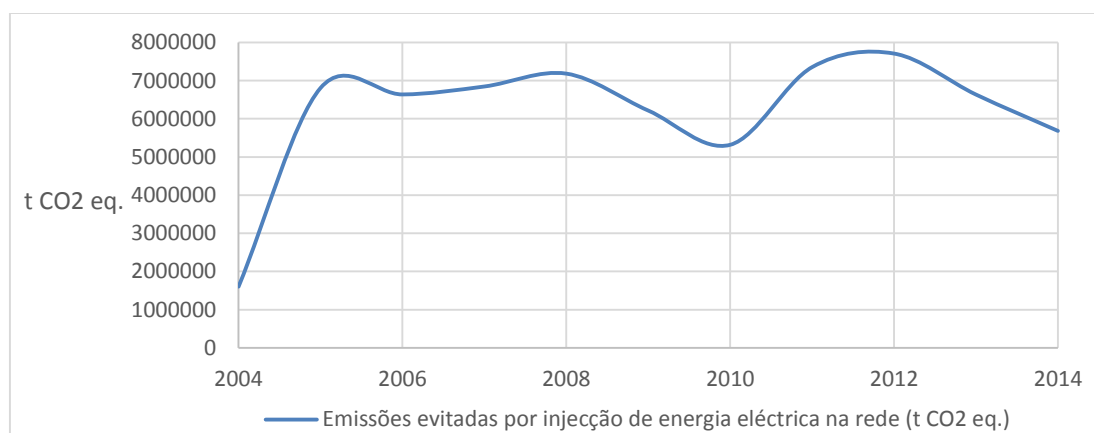


Figura 3.16 – Emissões de produtos de combustíveis fósseis evitadas pelo uso do SAEB do ASS.

Recorrendo à produção de energia eléctrica pelo SAEB do ASS evitou-se, indirectamente, num período de 10 anos a emissão de cerca de 68 milhões de toneladas de CO₂ eq. para a atmosfera. Com o SAEB evita-se a emissão directa de metano para a atmosfera e e a emissão indirecta de produtos de combustão de energias fósseis e seus derivados.

3.2.4. Influência da Localização Geográfica

A localização geográfica de um aterro condiciona a degradação dos resíduos através da afectação de parâmetros importantes como a humidade, pluviosidade e a temperatura. O ASS está situado na península de Setúbal, onde o clima é mediterrânico (Csa de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger). A temperatura média é de 17,1 °C e a pluviosidade

anual média é de 641 mm, concentrada maioritariamente entre Outubro e Maio (Climate-data.org, 2014).

A escassa precipitação no verão e as temperaturas mais elevadas que se fazem sentir nesse período podem afectar as condições bacterianas ideais para degradação dos resíduos e produção de biogás. Uma das experiências descritas no ponto 3.4 terá a ver com a rega do solo da zona piloto para aumento da humidade e posterior verificação da produção de biogás, sendo expectável o seu aumento.

3.3. Sistemas de captação de biogás aplicados ao caso de estudo

Os sistemas de captação de biogás utilizados na zona piloto foram o sistema de captação vertical, composto por sete drenos e o sistema de captação horizontal, composto por vinte e cinco drenos.

Não existe um sistema de captação em estrela conectado (mix dos dois sistemas anteriores). No entanto dada a área de influência dos drenos verticais interferir na área de influência dos drenos horizontais é possível falar num sistema de captação conjunto. Na metodologia aplicada no capítulo seguinte explicam-se as interações pretendidas com o estudo.

3.4. Descrição do processo – Metodologia aplicada para a comparação dos diferentes sistemas de captação de biogás

O caso de estudo do ASS – zona piloto da célula C, a metodologia aplicada foi a seguinte:

- Monitorização contínua dos drenos verticais e horizontais com obtenção de dados relativos à percentagem de CH₄, CO₂ e O₂, pressão total no interior do dreno (mbar) e caudal extraído (l/h). A monitorização foi realizada entre as datas de 18 de Maio de 2015 e 31 de Julho de 2015, com um total de quarenta e três medições.
- Fecho de drenos verticais de 11 a 12 de Junho e de 15 a 16 de Junho.
- Fecho de drenos horizontais (H49 a H30) de 17 a 18 de Junho e de 22 a 24 de Junho.
- Rega da zona piloto nos dias 26 e 27 de Junho e no dia 6 de Julho.

A monitorização contínua (Figura 3.17) tem o propósito de indicar o estado de degradação dos resíduos presentes na zona piloto, indicando a fase em que estão, podendo esta diferir entre drenos.

Outro objectivo é encontrar evidências da interacção entre drenos, devido à distância a que se apresentam uns dos outros.



Figura 3.17 – Monitorização dos drenos de extracção de biogás (fotografia tirada a 28 de Julho de 1015 por Paulo Almeida)

De acordo com as características, o sistema de captação da zona piloto divide-se em drenos verticais, drenos horizontais do patamar superior e drenos horizontais do patamar inferior (Figura 3.18).

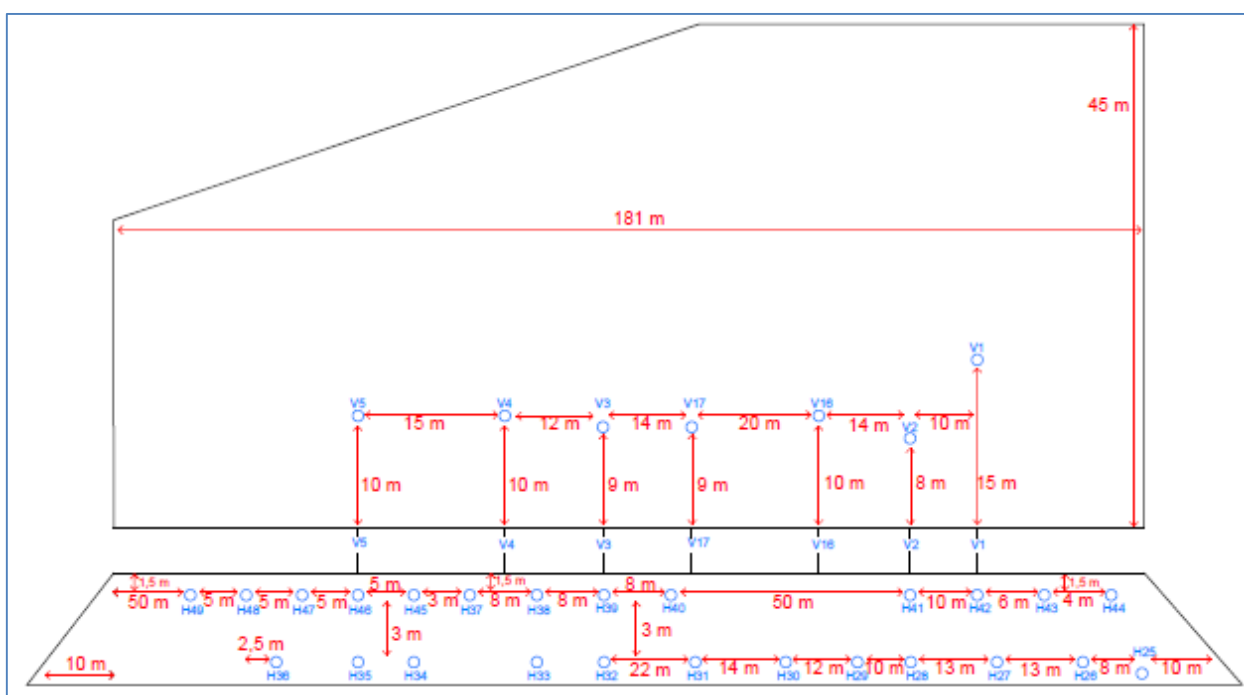


Figura 3.18 – Esquema da zona piloto a estudar, com planta dos drenos verticais (V) e perfil dos drenos horizontais (H), sem escala.

Com o fecho dos drenos verticais procura-se mudanças no comportamento dos drenos horizontais, sendo expectável o aumento da extracção de gás nos drenos horizontais.

O fecho dos drenos horizontais tem o sentido inverso ao anterior, procurando neste caso um aumento na extracção do biogás através dos drenos verticais.

A experiência pretende verificar se algum dos sistemas de captação tem maior influência no conjunto global de extracção.

A rega da zona piloto tem como objectivo o aumento da humidade da massa de resíduos. Caso se verifiquem aumentos de extracção de biogás nos dias seguintes à rega da zona piloto, deve colocar-se em causa a humidade da massa de resíduos.

Atendendo ao clima quente e à precipitação escassa nos meses anteriores às medições, quase inexistente, humidade na massa de resíduos não deve ser a ideal para a proliferação microbiana (cerca de 40%).

A monitorização foi feita com recurso ao aparelho Gas Data GFM 436 (Figura 3.19).

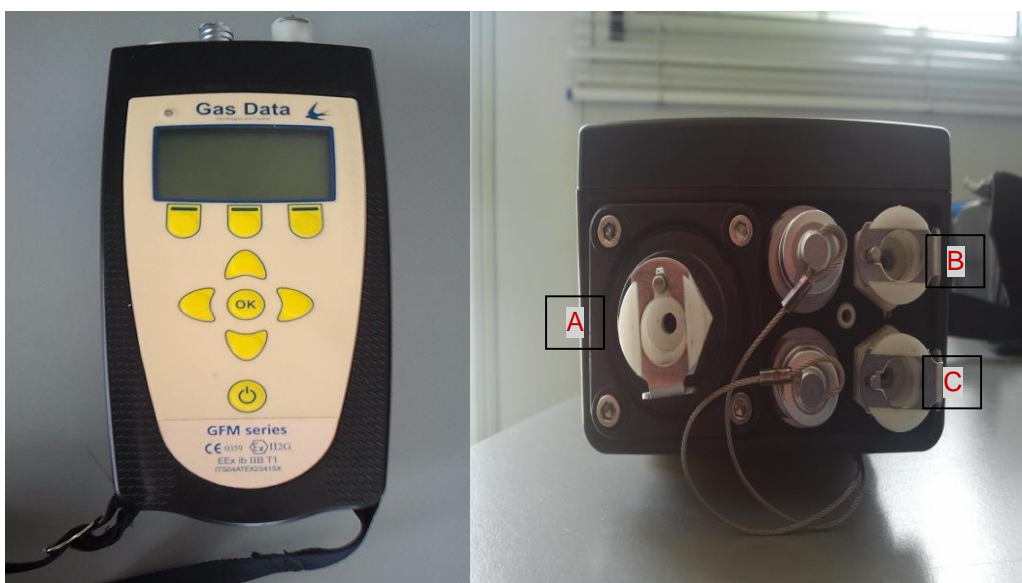


Figura 3.19 – Gas Data GFM 436 e pormenor de entrada de tubagens para medição de gases (A), pressão (B) e caudal (C).

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Monitorização Contínua de Drenos de Extracção

A monitorização contínua dos drenos foi realizada de 18 de Maio a 31 de Julho de 2015, num total de 43 folhas de registo. Numa fase inicial realizaram-se medições horárias (período da manhã, meio do dia e tarde) para perceber se o comportamento do gás variava com a altura do dia em que era feita a medição.

Esta experiência não se tornou relevante, não se encontraram diferenças acentuadas na produção horária de biogás, facto corroborado pela também pela experiência empírica dos operadores do aterro.

Desta forma, optou por uma medição diária a partir de 25 de Maio.

Para uma melhor compreensão dos resultados da monitorização contínua, estes foram segmentados em três grupos, o grupo dos drenos verticais, o grupo dos drenos horizontais do patamar superior (drenos a 1,5 m de profundidade) e o grupo dos drenos horizontais do patamar inferior (drenos a 4,5 m de profundidade).

Na Figura 4.1, Figura 4.2 e Figura 4.3 observam-se respectivamente os valores médios de gases, pressão total e caudal para os drenos horizontais do patamar superior.

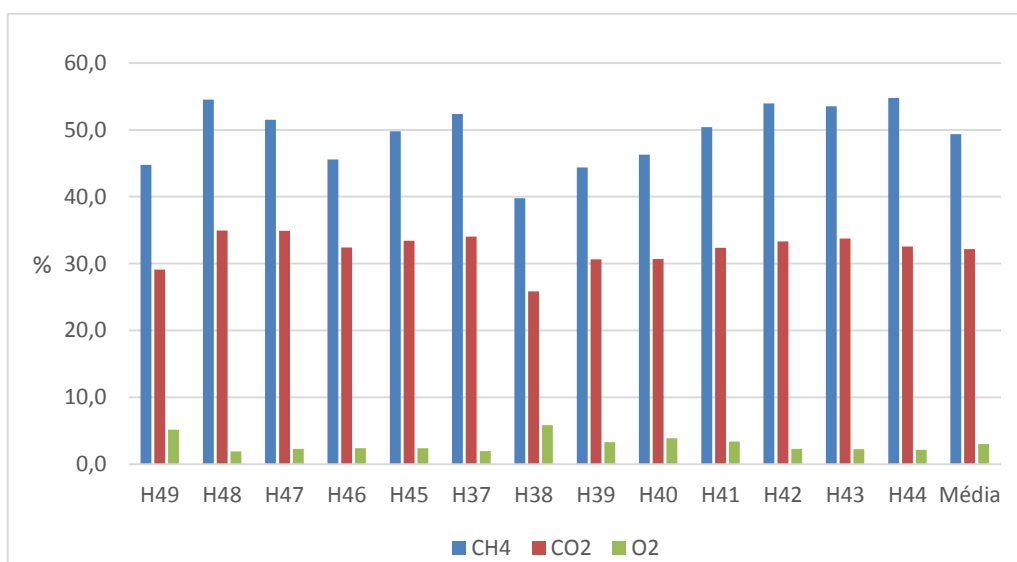


Figura 4.1 - Média de CH₄, CO₂ e O₂ dos drenos horizontais do patamar superior

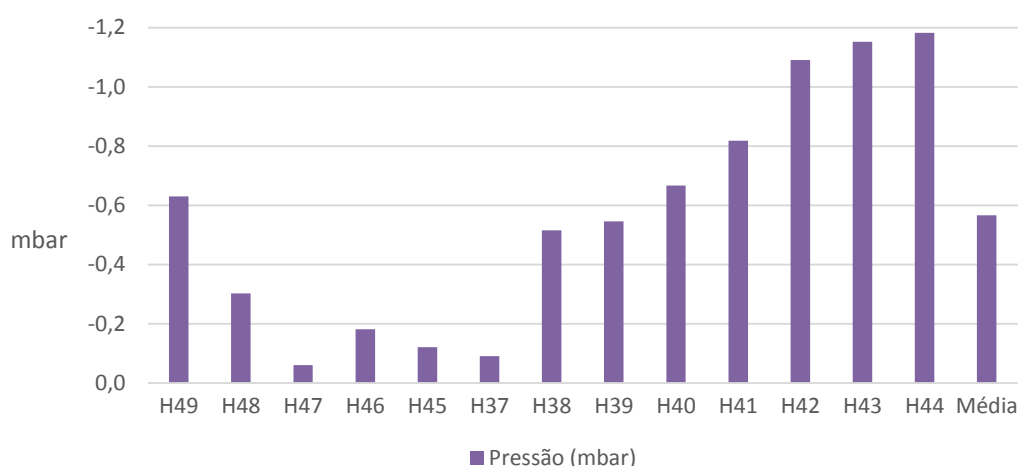


Figura 4.2 - Pressão média dos drenos horizontais do patamar superior

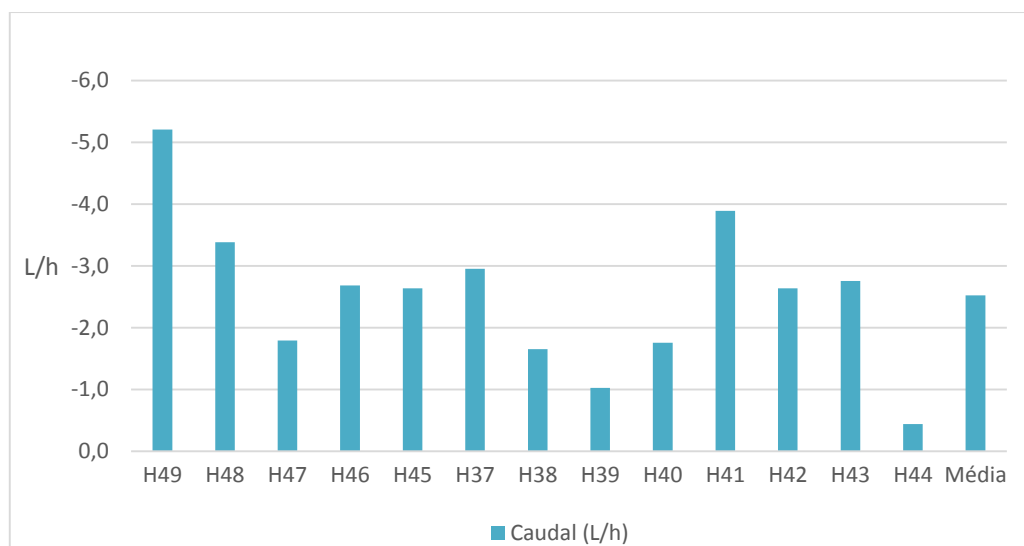


Figura 4.3 - Caudal médio dos drenos horizontais do patamar superior

O valor médio de CH_4 medido para estes drenos é de 49,4%, com um mínimo de 39,8% para o poço H38. O CO_2 tem uma média de 32,2% e para o O_2 é de 3,0%. Dos treze drenos do patamar superior, sete ultrapassam a média de 50% de CH_4 , o que faz deste o melhor sector dos três apresentados para o parâmetro qualidade. A pressão total média nos drenos do patamar horizontal superior é de -0,6 mbar, ocorrendo um aumento de pressão expectável com a diminuição da distância ao compressor.

A excepção inicial da pressão mais elevada no poço H49 pode ser explicada pela inexistência de interacção deste poço com drenos verticais. Na zona definida entre o poço H48 e o H37 verificam-se pressões mais baixas. O caudal captado nos drenos horizontais do patamar superior tem uma média de -2,5 L/h. O poço H49 volta a evidenciar-se com um caudal de -5,2 L/h,

podendo a explicação ser a mesma da pressão, falta de interação com outros drenos, logo maior caudal de gás disponível (Figura 4.4).

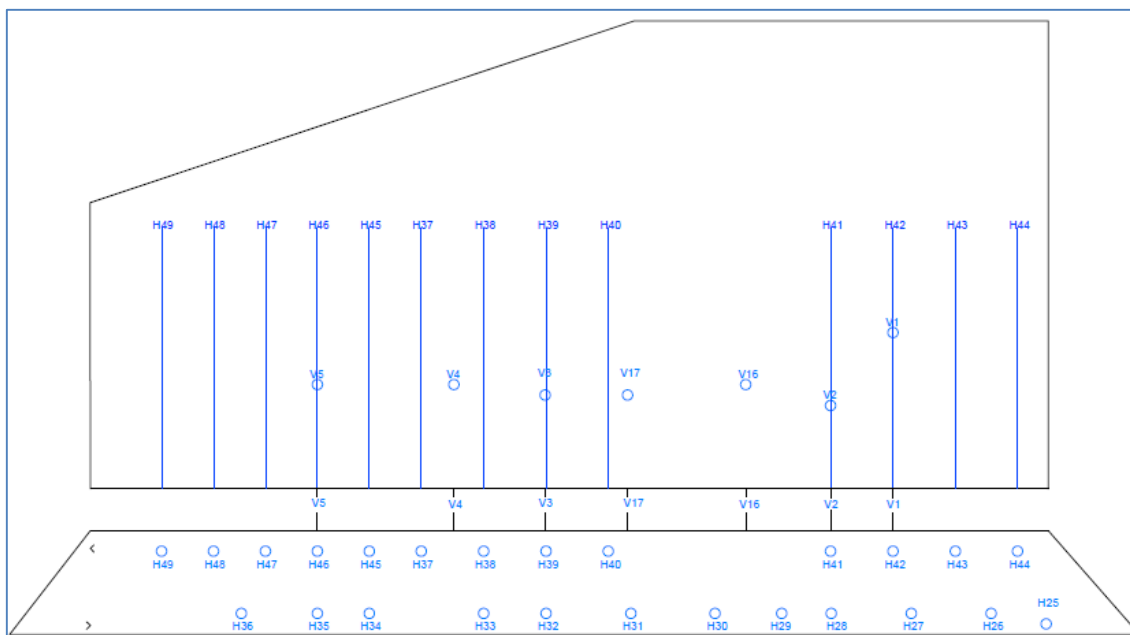


Figura 4.4 – Inserção dos drenos horizontais do patamar superior na zona piloto

Os drenos horizontais do patamar inferior situam-se três metros abaixo dos drenos do patamar superior e os resultados para os gases, pressão e caudal medidos apresentam-se na Figura 4.5, Figura 4.6 e Figura 4.7, respectivamente.

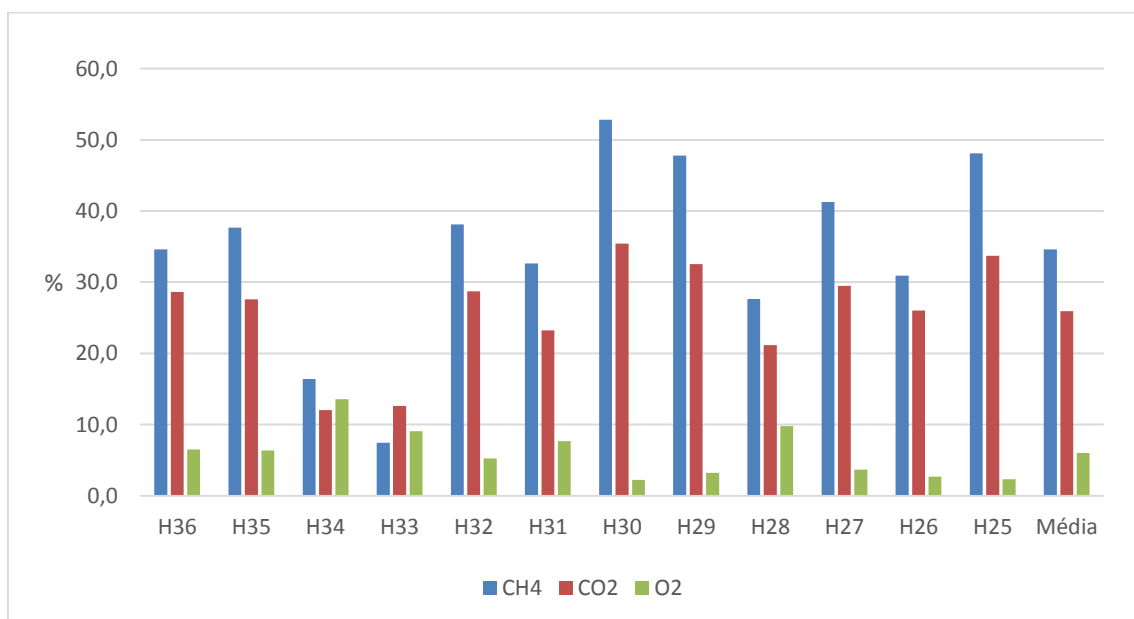


Figura 4.5 - Média de CH4, CO2 e O2 dos drenos horizontais do patamar inferior



Figura 4.6 - Pressão média dos drenos horizontais do patamar inferior

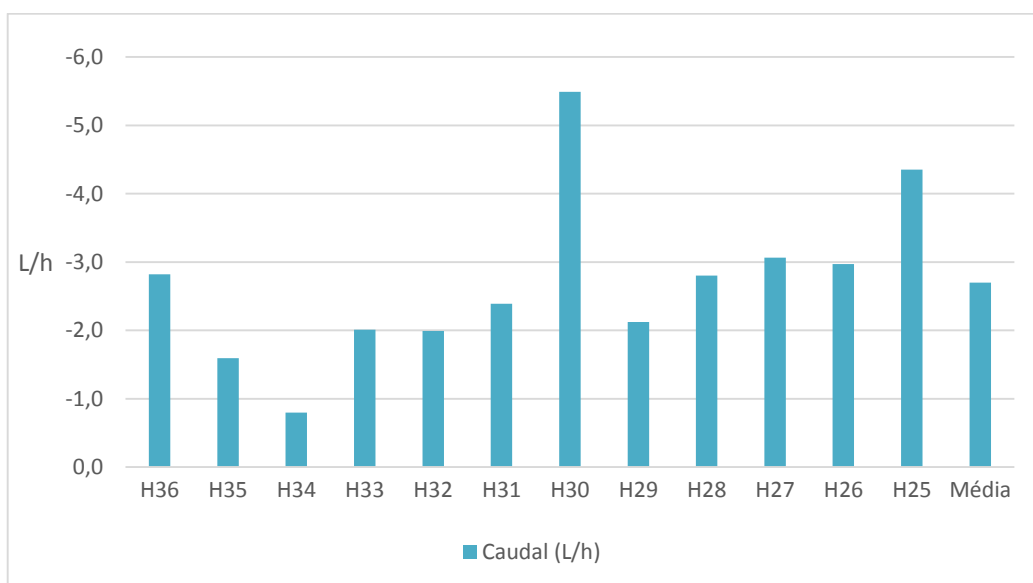


Figura 4.7 - Caudal médio dos drenos horizontais do patamar inferior

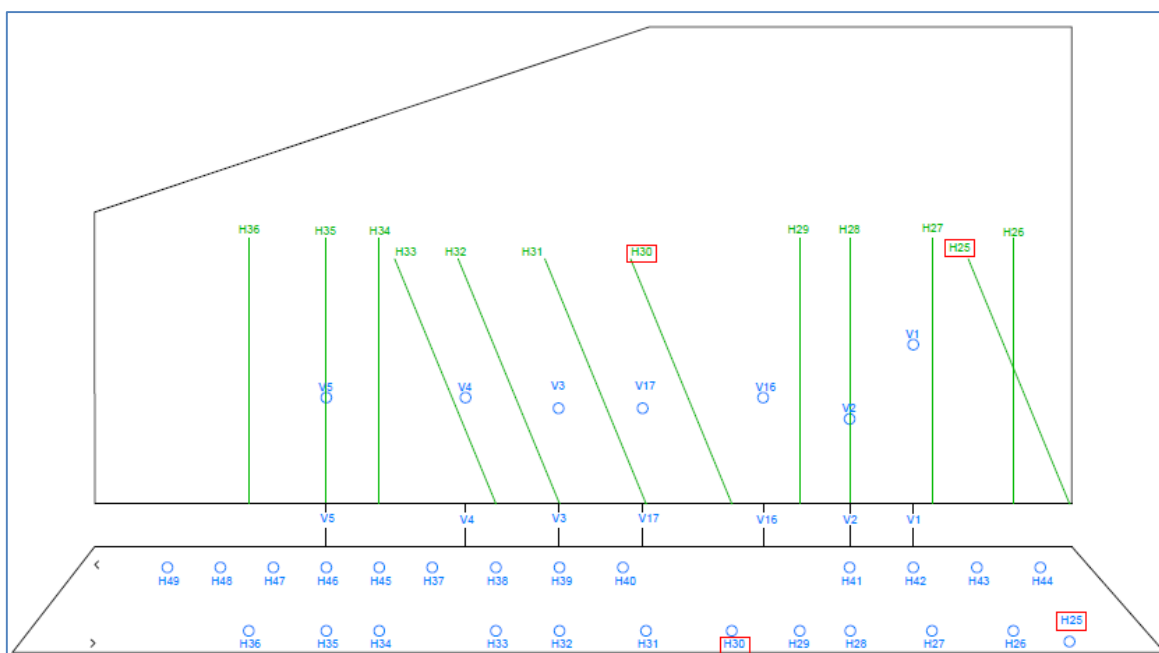
Da comparação da Figura 4.1 com a Figura 4.4 verificam-se maiores valores de CH_4 nos drenos horizontais do patamar superior, onde sete drenos ultrapassam níveis de metano de 50%, contra apenas um poço no patamar inferior.

Para os drenos do patamar inferior o valor médio de CH_4 captado é de 34,6%, de CO_2 é de 25,9% e de O_2 é de 6%. O poço H34 e H33 são os que apresentam piores níveis de CH_4 , com médias de 16,4% e 7,4%, respectivamente.

Os níveis elevados de oxigénio que se observam no patamar inferior comprometem a qualidade do biogás captado para aproveitamento energético.

A pressão segue um comportamento linear, aumentando com a proximidade ao compressor tal como no patamar superior. O caudal captado não tem um padrão definido. Observa-se um valor máximo de -5,5 L/h para o poço H30, que pode ser explicado pela maior área de influência deste poço, que tem os drenos horizontais vizinhos a uma distância maior do que os restantes (Figura 4.8).

De acordo com os dados recolhidos existe uma diferença média de 17,2% entre os valores de metano do poço H25 e do H26, ocorrendo mais uma vez a ideia de que uma distância mínima de projecto entre os drenos é muito importante e deve ser mantida para prevenir este tipo de situação.



Os resultados da monitorização contínua dos drenos verticais podem ser consultados na Figura 4.9, Figura 4.10 e Figura 4.11, para os gases, pressão total e caudal, respectivamente.

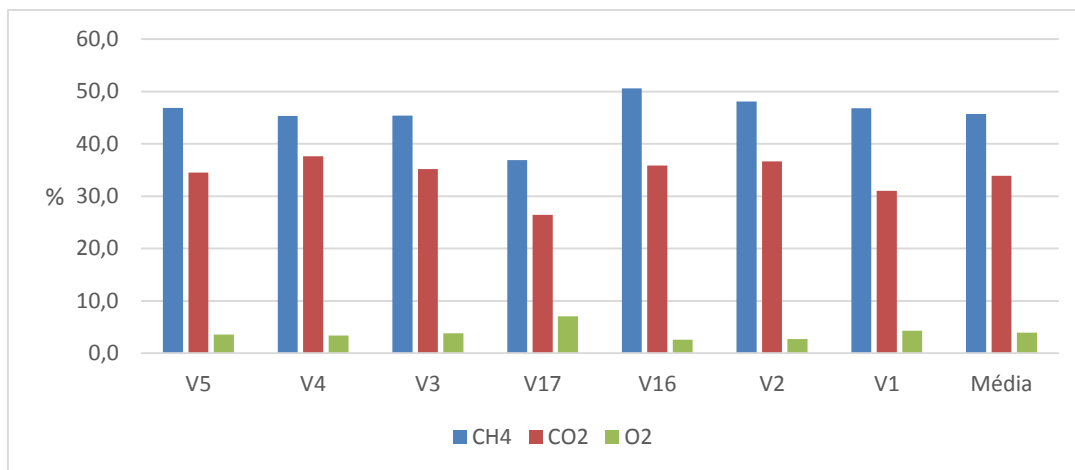


Figura 4.9 – Média de CH₄, CO₂ e O₂ dos drenos verticais.

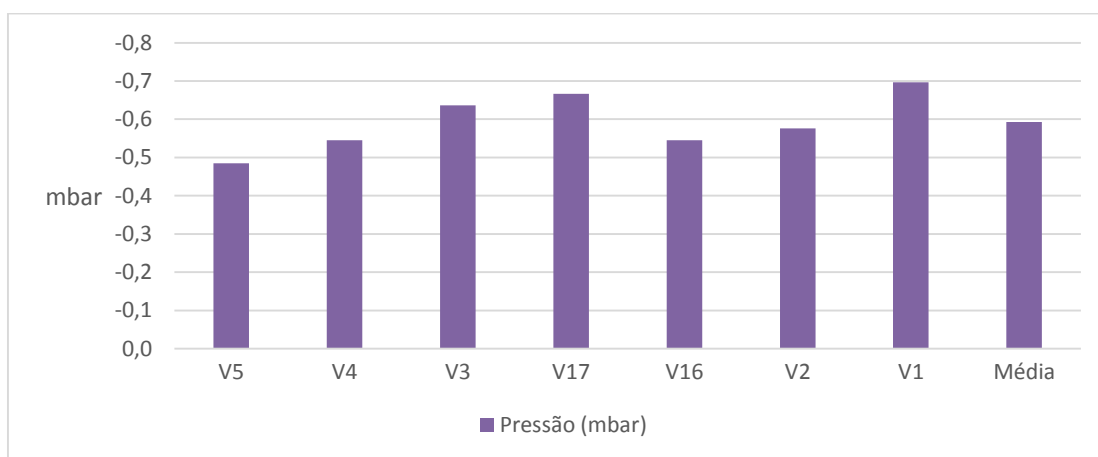


Figura 4.10 – Pressão média dos drenos verticais

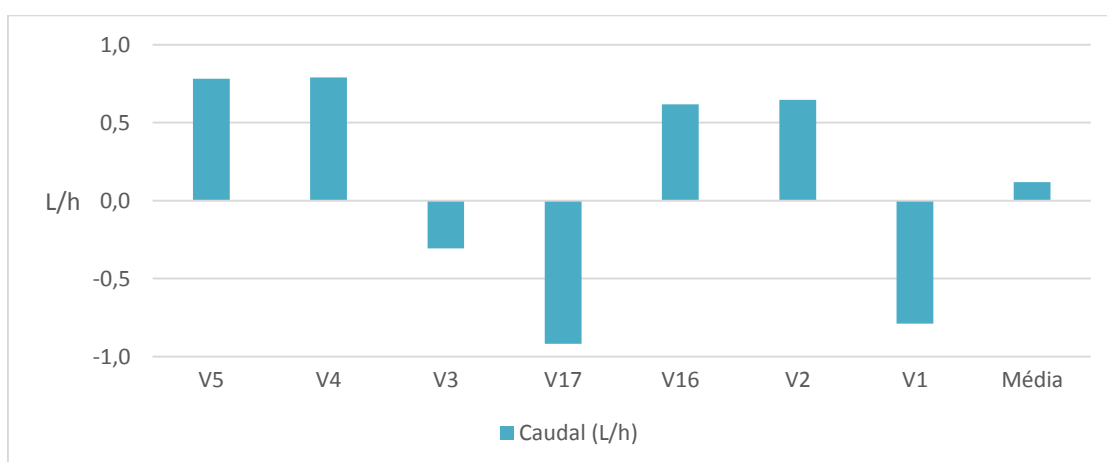


Figura 4.11 – Caudal médio dos drenos verticais

A média da monitorização de metano para os drenos verticais registou-se nos 45,7%. O poço V16 foi o único a alcançar uma média superior a 50% de metano, com 50,6%, acabando o poço H17 por não chegar a alcançar uma média de 40%, ficando pelos 36,9%.

Os restantes drenos variam entre os 45,4% e os 48,1% de média de metano. O oxigénio varia entre os 2,5% e os 4,3%, com excepção do poço V17 onde chega aos 7,0%. A pressão na tubagem vai aumentando gradualmente com a aproximação ao compressor, com ligeiras quebras no poço V16 e V2.

O caudal não assume um padrão, assumindo cada poço um conjunto de características próprias. Durante o período de monitorização foram detectados alguns problemas na medição do caudal e da pressão nos drenos verticais.

No entanto, o caudal destes drenos sempre foi menor do que o recolhido pelos drenos horizontais.

O raio de influência dos drenos verticais foi admitido em cerca de 15 m. A disposição dos drenos verticais e o raio de influência são apresentados na Figura 4.12.

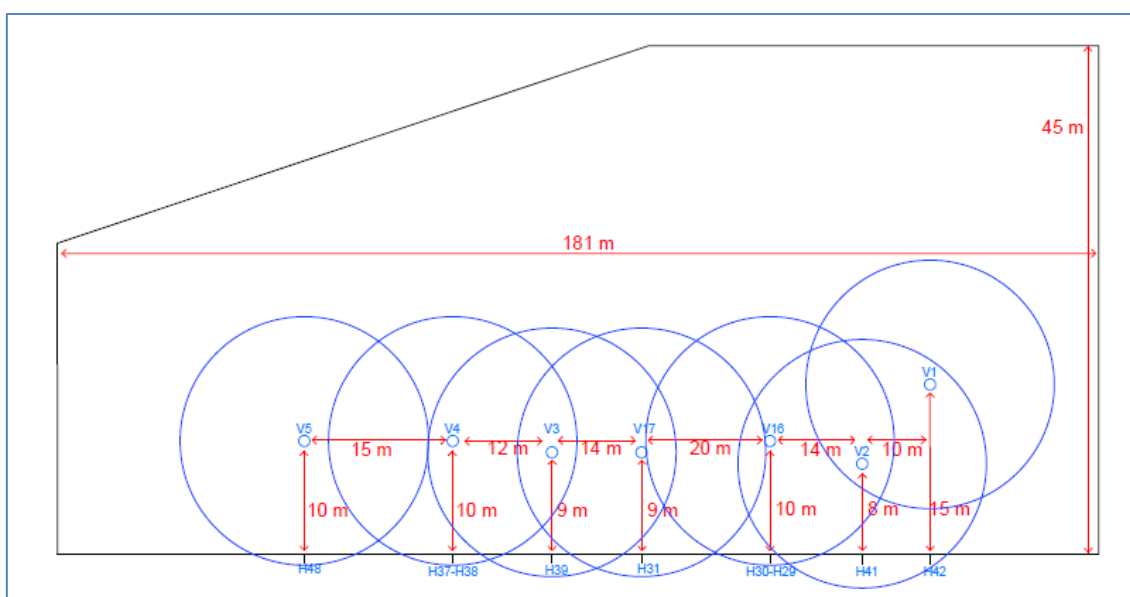


Figura 4.12 – Disposição na zona piloto e raio de influência dos drenos verticais

4.2. Fecho dos Drenos Verticais

O fecho das válvulas dos drenos verticais foi realizado de 11 a 12 de Junho de 2015 com repetição de 15 a 16 de Junho de 2015.

O resultado da experiência de 11 a 12 de Junho apresenta-se na Tabela 4.1, com as diferenças percentuais dos gases, de pressão e do caudal obtidas (valores negativos de pressão e caudal são efeito de subpressão na tubagem, sinal de que o gás está a ser levado ao queimador, como pretendido).

Tabela 4.1 – Alteração de comportamento dos drenos horizontais face ao fecho dos drenos verticais (11 a 12 de Junho de 2015)

Poço	Medição 11 Junho					Medição 12 Junho					Dia 12 Junho - Dia 11 de Junho				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H49	47,8	31,9	3,8	0,0	-1,9	59,9	38,3	1,6	-1,0	-10,8	12,1	6,4	-2,2	1,0	8,9
H48	61,6	38,4	0,0	0,0	3,4	60,9	39,1	0,0	-1,0	-10,4	-0,7	0,7	0,0	1,0	13,8
H36	7,4	9,0	13,7	0,0	-1,9	56,0	44,0	0,0	0,0	0,2	48,6	35,0	-13,7	0,0	-2,1
H47	61,1	38,9	9,0	0,0	9,6	60,7	39,3	0,0	-1,0	-9,2	-0,4	0,4	-9,0	1,0	18,8
H35	11,6	9,0	14,8	-1,0	-1,0	58,8	41,2	0,0	0,0	0,1	47,2	32,2	-14,8	-1,0	-1,1
H46	61,5	38,5	0,0	0,0	2,4	49,6	37,2	0,0	-1,0	-10,5	-11,9	-1,3	0,0	1,0	12,9
H45	61,7	38,3	0,0	0,0	-1,9	61,0	39,0	0,0	-2,0	-10,1	-0,7	0,7	0,0	2,0	8,2
H34	13,3	8,9	16,2	0,0	-1,0	24,6	16,7	11,4	-1,0	-1,0	11,3	7,8	-4,8	1,0	0,0
H37	62,2	37,7	0,0	0,0	16,2	62,0	38,0	0,0	-2,0	-6,4	-0,2	0,3	0,0	2,0	22,6
H38	62,7	37,3	0,0	-1,0	0,4	57,6	35,2	1,9	-1,0	0,1	-5,1	-2,1	1,9	0,0	0,3
H33	4,2	16,4	5,3	-1,0	-1,0	2,7	14,6	6,4	-1,0	0,1	-1,5	-1,8	1,1	0,0	-1,1
H39	61,8	38,2	0,0	0,0	5,2	41,9	31,9	0,6	-2,0	-7,7	-19,9	-6,3	0,6	2,0	12,9
H32	61,3	38,7	0,0	-1,0	-0,1	60,7	39,2	0,0	-1,0	-1,5	-0,6	0,5	0,0	0,0	1,4
H40	62,8	37,2	0,0	-1,0	1,0	54,5	37,0	0,7	-2,0	-2,5	-8,3	-0,2	0,7	1,0	3,5
H31	7,2	6,6	15,7	0,0	-1,9	61,8	38,0	0,0	-1,0	0,0	54,6	31,4	-15,7	1,0	-1,9
H30	61,1	38,9	0,0	-1,0	21,4	60,5	39,4	0,1	-2,0	-11,8	-0,6	0,5	0,1	1,0	33,2
H29	61,2	38,7	0,0	-1,0	0,1	60,6	38,6	0,6	-2,0	-8,7	-0,6	-0,1	0,6	1,0	8,8
H28	59,8	40,2	0,0	0,0	-1,4	58,4	41,5	0,0	-2,0	4,8	-1,4	1,3	0,0	2,0	-6,2
H41	62,0	38,0	0,0	1,0	-1,0	58,9	36,6	2,0	-2,0	-7,1	-3,1	-1,4	2,0	3,0	6,1
H27	62,6	37,4	0,0	0,0	-1,0	61,8	38,2	0,0	-2,0	0,4	-0,8	0,8	0,0	2,0	-1,4
H42	63,2	36,8	0,0	-1,0	-1,6	63,5	36,5	0,0	-3,0	-8,5	0,3	-0,3	0,0	2,0	6,9
H43	62,6	37,4	0,0	-1,0	1,2	62,8	37,2	0,0	-3,0	-9,6	0,2	-0,2	0,0	2,0	10,8
H26	35,5	29,4	3,2	-1,0	1,0	35,1	28,9	0,0	-2,0	1,4	-0,4	-0,5	-3,2	1,0	-0,4
H44	63,3	36,7	0,0	-1,0	1,4	63,8	36,2	0,0	-3,0	-1,5	0,5	-0,5	0,0	2,0	2,9
H25	61,0	39,0	0,0	-1,0	0,9	54,7	37,9	0,0	-3,0	-6,4	-6,3	-1,1	0,0	2,0	7,3

Durante as vinte e quatro horas de fecho dos drenos verticais, os drenos horizontais do patamar superior responderam de um modo geral com subidas do caudal extraído e da pressão na tubagem (valores negativos de caudal e pressão são efeito de subpressão na tubagem, sinal de que o gás está a ser levado ao queimador), com alguns drenos a verificarem subidas no metano extraído, caso do poço H49, com a maior subida de 47,8% para 59,9%.

O poço H38 comportou-se de modo diferente aos outros drenos do patamar superior, baixando a qualidade do metano captado em 5,1%.

Os drenos horizontais do patamar inferior assumem um comportamento diferente.

Para além dos seus valores de metano da monitorização contínua serem mais baixos, estes drenos têm por vezes problemas de condensados, o que aumenta ilusoriamente a percentagem de metano na medição.

Exemplos de drenos com má qualidade de metano são o poço H34, H33, H31 e H26, verificando-se ainda um aumento anormal de metano nos drenos H36, H35 e H31, causa de possíveis condensados na tubagem. Através desta experiência retira-se a ideia de que os drenos horizontais do patamar superior aumentam a eficiência de extracção de metano com o fecho dos drenos verticais.

A experiência foi repetida de 15 a 16 de Junho de modo a verificar as ideias retiradas na primeira experiência. Os resultados da experiência são apresentados na Figura 4.2.

Tabela 4.2 - - Alteração de comportamento dos drenos horizontais face ao fecho dos drenos verticais (15 a 16 de Junho de 2015)

Poço	Medição 15 Junho					Medição 16 Junho					Diferença				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H49	57,4	37,7	2,2	0,0	-4,7	59,9	38,3	1,6	-1,0	-10,8	2,5	0,6	-0,6	1,0	6,1
H48	60,7	39,3	0,0	0,0	-3,6	60,9	39,1	0,0	-1,0	-10,4	0,2	-0,2	0,0	1,0	6,8
H36	55,8	44,2	0,0	0,0	0,1	56,0	44,0	0,0	0,0	0,2	0,2	-0,2	0,0	0,0	-0,1
H47	60,4	39,6	0,0	1,0	-5,8	60,7	39,3	0,0	-1,0	-9,2	0,3	-0,3	0,0	2,0	3,4
H35	58,0	42,0	0,0	1,0	0,1	58,8	41,2	0,0	0,0	0,1	0,8	-0,8	0,0	1,0	0,0
H46	56,0	38,6	0,0	0,0	-7,3	49,6	37,2	0,0	-1,0	-10,5	-6,4	-1,4	0,0	1,0	3,2
H45	61,4	38,6	0,0	0,0	-5,8	61,0	39,0	0,0	-2,0	-10,1	-0,4	0,4	0,0	2,0	4,3
H34	23,7	16,3	11,3	1,0	0,0	24,6	16,7	11,4	-1,0	-1,0	0,9	0,4	0,1	2,0	1,0
H37	61,8	38,2	0,0	0,0	-3,2	62,0	38,0	0,0	-2,0	-6,4	0,2	-0,2	0,0	2,0	3,2
H38	61,7	38,3	0,0	0,0	0,1	57,6	35,2	1,9	-1,0	0,1	-4,1	-3,1	1,9	1,0	0,0
H33	2,9	15,6	5,0	0,0	-0,2	2,7	14,6	6,4	-1,0	0,1	-0,2	-1,0	1,4	1,0	-0,3
H39	61,3	38,7	0,0	0,0	1,8	41,9	31,9	0,6	-2,0	-7,7	-19,4	-6,8	0,6	2,0	9,5
H32	44,7	34,6	0,7	0,0	-4,2	60,7	39,2	0,0	-1,0	-1,5	16,0	4,6	-0,7	1,0	-2,7
H40	62,0	38,0	0,0	0,0	-2,2	54,5	37,0	0,7	-2,0	-2,5	-7,5	-1,0	0,7	2,0	0,3
H31	22,8	19,1	8,9	-1,0	-3,2	61,8	38,0	0,0	-1,0	0,0	39,0	18,9	-8,9	0,0	-3,2
H30	60,4	39,5	0,0	-1,0	-5,1	60,5	39,4	0,1	-2,0	-11,8	0,1	-0,1	0,1	1,0	6,7
H29	60,4	39,3	0,1	-1,0	0,4	60,6	38,6	0,6	-2,0	-8,7	0,2	-0,7	0,5	1,0	9,1
H28	1,2	2,9	17,0	-1,0	-0,2	58,4	41,5	0,0	-2,0	4,8	57,2	38,6	-17,0	1,0	-5,0
H41	58,2	36,7	1,5	-1,0	-3,2	58,9	36,6	2,0	-2,0	-7,1	0,7	-0,1	0,5	1,0	3,9
H27	61,7	38,3	0,0	-1,0	-1,8	61,8	38,2	0,0	-2,0	0,4	0,1	-0,1	0,0	1,0	-2,2
H42	61,9	38,1	0,0	-2,0	-6,2	63,5	36,5	0,0	-3,0	-8,5	1,6	-1,6	0,0	1,0	2,3
H43	62,1	37,8	0,0	-2,0	-6,4	62,8	37,2	0,0	-3,0	-9,6	0,7	-0,6	0,0	1,0	3,2
H26	29,2	26,1	0,0	-2,0	-0,1	35,1	28,9	0,0	-2,0	1,4	5,9	2,8	0,0	0,0	-1,5
H44	63,2	36,8	0,0	-2,0	-2,2	63,8	36,2	0,0	-3,0	-1,5	0,6	-0,6	0,0	1,0	-0,7
H25	61,1	38,9	0,0	-2,0	-6,4	54,7	37,9	0,0	-3,0	-6,4	-6,4	-1,0	0,0	1,0	0,0

Na segunda experiência com o fecho dos drenos verticais, verificam-se novamente alguns dos comportamentos da primeira experiência, com os drenos horizontais do patamar superior a apresentarem subidas significativas de caudal, com excepção para os drenos H38, H40 e H44. A pressão aumentou também para o patamar superior de drenos horizontais e a qualidade do metano captado não sofreu grandes variações. A excepção ao patamar superior é o poço H38, que não teve aumento de caudal e teve novamente um decréscimo de qualidade de metano, ainda assim mantendo uma percentagem aceitável de 57,6%. No patamar inferior verificam-se aumentos de caudal nos drenos H30 e H29, com todos os outros a apresentarem diminuição de caudal, à excepção do H25 que se manteve. O poço H32 teve um aumento significativo de qualidade, no entanto devido às características do patamar inferior não se pode afirmar que essa subida tenha a ver com o fecho dos drenos verticais, podendo ter sido causada por condensados, como é o caso do poço H31 e do H28. Todavia o poço H32 fica em dúvida, pois existia depressão na tubagem no momento da monitorização, pelo que o valor apresentado pode ser real.

4.3. Fecho dos Drenos Horizontais

Os drenos horizontais foram fechados parcialmente. Devido à falta de gás que estava a chegar ao motor só foi possível fechar os drenos horizontais do H49 ao H28, pelo que o poço vertical V1 pode não ter sido afectado por esta experiência. A Tabela 4.3 mostra os resultados obtidos para a experiência realizada de 17 a 18 de Junho.

Tabela 4.3 - Alteração de comportamento dos drenos verticais face ao fecho dos drenos horizontais (17 a 18 de Junho de 2015)

Poço	Medição 17 Junho					Medição 18 Junho					Diferença				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
V5	58,7	41,3	0,0	0,0	3,2	53,6	37,1	2,7	0,0	-0,3	-5,1	-4,2	2,7	0,0	3,5
V4	55,8	44,2	0,0	0,0	3,0	48,6	37,5	3,6	0,0	-0,7	-7,2	-6,7	3,6	0,0	3,7
V3	57,4	42,6	0,0	0,0	3,1	47,3	34,8	4,3	0,0	-0,3	-10,1	-7,8	4,3	0,0	3,4
V17	60,5	39,5	0,0	0,0	0,0	19,0	11,1	14,3	0,0	-1,1	-41,5	-28,4	14,3	0,0	1,1
V16	59,6	40,1	0,1	0,0	3,0	47,0	30,8	5,1	0,0	-2,2	-12,6	-9,3	5,0	0,0	5,2
V2	58,8	41,2	0,0	0,0	3,9	52,5	36,8	2,9	0,0	-0,4	-6,3	-4,4	2,9	0,0	4,3
V1	60,8	38,6	0,4	0,0	1,4	44,5	27,2	6,2	0,0	-1,8	-16,3	-11,4	5,8	0,0	3,2

A experiência do fecho dos drenos horizontais mostrou um decréscimo geral na qualidade do biogás extraído a partir dos drenos verticais e um aumento geral no caudal obtido (valores negativos de caudal são efeito de subpressão na tubagem, sinal de que o gás está a ser levado ao queimador). O resultado na qualidade do metano após o fecho dos drenos horizontais pode indicar que estes, ao retirarem biogás de zonas mais profundas do aterro, podem ajudar no fenómeno de migração vertical do mesmo, aumentando as eficiências de captação dos drenos verticais.

No dia 18 de Junho verificam-se valores sobreelevados de oxigénio nos drenos verticais, o que pode ajudar a explicar o decréscimo de qualidade de metano. Pode existir um problema de infiltração de oxigénio na massa de resíduos. O aumento do caudal é expectável, tendo já ocorrido o mesmo na experiência anterior, em que com o fecho de drenos é disponibilizado maior volume de gás para os restantes em funcionamento.

A experiência de fecho dos drenos horizontais foi repetida de 22 a 24 de Junho (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Alteração de comportamento dos drenos verticais face ao fecho dos drenos horizontais (22 a 24 de Junho de 2015)

Poço	Medição 22 Junho					Medição 24 Junho					Diferença				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
V5	54,3	37,9	2,4	0,0	0,0	53,5	36,3	2,9	-1,0	-0,7	-0,8	-1,6	0,5	1,0	0,7
V4	52,7	40,9	2,3	0,0	0,0	48,9	37,4	3,8	-1,0	0,0	-3,8	-3,5	1,5	1,0	0,0
V3	55,7	40,9	1,5	0,0	0,9	52,9	38,1	2,6	-1,0	0,0	-2,8	-2,8	1,1	1,0	0,9
V17	21,1	15,1	12,1	0,0	3,8	19,4	13,7	12,8	-1,0	-3,9	-1,7	-1,4	0,7	1,0	7,7
V16	59,8	40,0	0,1	0,0	0,0	60,3	39,3	0,2	0,0	0,0	0,5	-0,7	0,1	0,0	0,0
V2	58,5	41,0	0,4	0,0	0,0	58,8	40,5	0,5	0,0	-0,4	0,3	-0,5	0,1	0,0	0,4
V1	57,4	36,5	2,4	0,0	0,0	56,5	34,7	2,8	0,0	0,0	-0,9	-1,8	0,4	0,0	0,0

Na segunda experiência, em que os drenos horizontais estiveram fechados mais um dia do que na primeira, verificou-se que o caudal de extracção nos drenos verticais era reduzido, à excepção do poço V17 que apesar de ter aumentado não apresentava valores de qualidade de metano aceitáveis (21,1%). A qualidade nos restantes drenos varia entre os 52,7% e os 59,8%. Ocorreu um aumento de pressão na tubagem dos drenos V5 ao V17, facto explicável pelo fecho dos drenos horizontais que aumentaram a pressão disponível.

4.4. Adição de Humidade ao Solo com Água

Com o intuito de verificar a carência de humidade no solo e a sua influência na produção de metano, regou-se a zona piloto na área envolvente aos drenos verticais V5 a V17 (área disponibilizada pela AMARSUL para a experiência de adição e humidade). Como a época do ano em que a experiência foi realizada é a de verão, espera-se que a massa de resíduos esteja mais seca do que no inverno. Deste modo, os níveis de humidade no solo podem não estar compreendidos entre os intervalos óptimos para o desenvolvimento de bactérias responsáveis pela metanogénese.

Este factor pode influenciar os dados obtidos e as conclusões a retirar posteriormente. A experiência foi realizada nos dias 26 e 27 de Junho de 2015, com a rega da área referida anteriormente no período matinal, às 9h, quando o sol ainda não é forte, de modo a que se infiltre a maior parte do volume de rega, cerca de 4 m³.

A medição imediatamente anterior e posterior à experiência (24 e 29 de Junho) serviu de ponto de análise para possíveis mudanças de comportamento dos drenos. Os resultados obtidos para a zona de influência vertical e horizontal abrangida pela rega são apresentados na Tabela 4.5:

Tabela 4.5 - Alteração de comportamento dos drenos abrangidos pela área de rega na zona piloto (26 e 27 de Junho de 2015)

Poço	Medição 24 Junho					Medição 29 Junho					Diferença				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H49	45,3	25,6	5,5	0,0	-3,4	58,4	27,9	3,2	-1,0	-3,5	13,1	2,3	-2,3	1,0	0,1
H48	64,8	35,1	0,0	0,0	5,7	62,5	37,4	0,0	0,0	-6,7	-2,3	2,3	0,0	0,0	12,4
H36	58,4	41,6	0,0	0,0	0,0	2,3	3,5	17,1	0,0	0,0	-56,1	-38,1	17,1	0,0	0,0
H47	62,5	37,4	0,0	1,0	9,2	61,4	38,4	0,1	0,0	-3,5	-1,1	1,0	0,1	1,0	12,7
H35	59,5	40,4	0,0	0,0	0,0	7,1	5,5	16,9	0,0	0,0	-52,4	-34,9	16,9	0,0	0,0
H46	61,2	38,8	0,0	1,0	5,4	58,2	38,2	0,0	0,0	-3,5	-3,0	-0,6	0,0	1,0	8,9
H45	62,3	37,7	0,0	1,0	10,8	62,9	37,9	0,0	0,0	-3,5	0,6	0,2	0,0	1,0	14,3
H34	14,6	10,1	14,5	0,0	0,0	8,2	6,1	16,1	0,0	-0,3	-6,4	-4,0	1,6	0,0	0,3
H37	62,1	37,8	0,0	0,0	15,5	63,4	36,5	0,0	0,0	-3,5	1,3	-1,3	0,0	0,0	19,0
H38	28,4	18,6	9,3	0,0	0,0	38,7	25,6	5,3	0,0	0,0	10,3	7,0	-4,0	0,0	0,0
H33	4,4	14,7	6,0	0,0	0,0	5,7	14,6	5,4	0,0	-0,4	1,3	-0,1	-0,6	0,0	0,4
H39	61,7	38,1	0,0	0,0	2,8	63,7	36,3	0,0	0,0	-3,5	2,0	-1,8	0,0	0,0	6,3
H32	61,2	38,8	0,0	0,0	0,0	16,1	11,1	11,6	0,0	-0,5	-45,1	-27,7	11,6	0,0	0,5
H40	62,4	37,6	0,0	2,0	1,0	58,3	34,8	1,1	-1,0	-3,5	-4,1	-2,8	1,1	3,0	4,5
H31	26,4	22,5	6,7	-1,0	0,0	11,2	11,4	12,9	0,0	0,0	-15,2	-11,1	6,2	-1,0	0,0
V5	53,5	36,3	2,9	-1,0	-0,7	58,7	41,3	0,0	0,0	0,2	5,2	5,0	-2,9	-1,0	-0,9
V4	48,9	37,4	3,8	-1,0	0,0	55,6	44,4	0,0	0,0	0,8	6,7	7,0	-3,8	-1,0	-0,8
V3	52,9	38,1	2,6	-1,0	0,0	56,6	43,2	0,0	0,0	2,4	3,7	5,1	-2,6	-1,0	-2,4
V17	19,4	13,7	12,8	-1,0	-3,9	51,4	33,7	3,1	0,0	0,0	32,0	20,0	-9,7	-1,0	-3,9

A Tabela 4.5 mostra de um modo claro as diferenças entre patamar superior e patamar inferior de drenos horizontais. A única exceção de eficiência dos drenos do patamar superior é o poço H38, que apesar de ter aumentado o nível de metano continua com valores abaixo do esperado para aproveitamento energético. Todos os outros drenos do patamar superior beneficiaram com aumento do caudal e alguns até com aumento da qualidade de metano.

Os drenos do patamar inferior mostram uma fraca eficiência de produção de metano. O caso dos drenos H36, H35 e H32 mostram um decréscimo acentuado na produção de metano após a rega, pelo que a amostra de dia 24 de Junho poderia ter sido retirada com gás condensado. Desses três drenos, só o poço H32 mostra depressão na amostra de dia 29 de Junho, pelo que nesse se tem a certeza que o gás está condensado, induzindo algumas medições em erro.

Os drenos verticais afectados pela rega aumentaram a eficiência de produção de metano, com a excepção do poço V17. A diferença nas medições de metano neste poço indica a presença de condensado, pois em depressão (com extracção na rede de drenagem) apresenta um valor de 19,4% de metano e sem depressão aumenta para 51,4%. Este aumento não é natural sob as condições referidas, pelo que a interpretação para o poço V17 tem de ser diferente dos outros drenos verticais.

A experiência foi repetida no dia 6 de Julho para verificação do comportamento dos dados obtidos na experiência anterior. Os resultados da segunda experiência estão na Tabela 4.6 e reflectem as alterações ocorridas de 6 de Julho a 8 de Julho. Não são apresentadas as diferenças de 6 para 7 de Julho porque no dia 7 os motores estavam desligados, não existindo depressão nos colectores, o que poderia desvirtuar as leituras obtidas, comparações e conclusões para a experiência.

Tabela 4.6 - Alteração de comportamento dos drenos abrangidos pela área de rega na zona piloto (6 de Julho de 2015)

Poço	Medição 6 Julho					Medição 8 Julho					Diferença				
	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H49	25,2	34,9	3,2	-1,0	-14,3	42,9	29,4	4,4	-1,0	-15,4	17,7	-5,5	1,2	0,0	1,1
H48	36,8	39,4	0,1	-1,0	-13,8	62,4	37,2	0,3	-1,0	-15,6	25,6	-2,2	0,2	0,0	1,8
H36	6,2	26,7	7,3	-1,0	-13,6	18,2	18,9	9,9	0,0	-7,3	12,0	-7,8	2,6	-1,0	-6,3
H47	35,2	38,2	0,4	-1,0	-14,1	58,8	38,2	0,3	0,0	-0,6	23,6	0,0	-0,1	-1,0	-13,5
H35	12,1	21,4	9,3	-1,0	-11,8	12,9	9,7	14,8	0,0	-7,4	0,8	-11,7	5,5	-1,0	-4,4
H46	23,2	30,1	0,7	-1,0	-10,7	45,7	35,3	0,3	0,0	-9,3	22,5	5,2	-0,4	-1,0	-1,4
H45	42,4	35,1	0,2	-1,0	-11,1	52,7	36,9	0,2	0,0	-7,5	10,3	1,8	0,0	-1,0	-3,6
H34	4,6	7,2	15,5	-1,0	-7,6	4,6	3,7	17,8	0,0	-5,4	0,0	-3,5	2,3	-1,0	-2,2
H37	57,8	36,5	0,2	-1,0	-9,3	57,4	37,5	0,1	0,0	-7,4	-0,4	1,0	-0,1	-1,0	-1,9
H38	40,4	20,8	7,7	-1,0	-8,6	26,9	19,5	7,9	0,0	-8,1	-13,5	-1,3	0,2	-1,0	-0,5
H33	3,1	14,8	6,4	-1,0	-11,9	4,4	4,8	16,8	0,0	-10,5	1,3	-10,0	10,4	-1,0	-1,4
H39	47,6	30,7	1,5	-1,0	-9,5	29,2	27,8	2,8	-1,0	-12,1	-18,4	-2,9	1,3	0,0	2,6
H32	10,7	14,8	10,9	-1,0	-4,6	12,6	15,4	10,4	-1,0	-12,9	1,9	0,6	-0,5	0,0	8,3
H40	45,8	33,9	2,3	-1,0	-2,8	46,3	33,4	2,1	0,0	-9,6	0,5	-0,5	-0,2	-1,0	6,8
H31	6,1	8,2	15,3	-1,0	-2,5	7,4	8,3	15,2	-1,0	-12,6	1,3	0,1	-0,1	0,0	10,1
V5	54,9	41,1	0,1	0,0	3,7	47,1	36,4	2,4	-1,0	-7,5	-7,8	-4,7	2,3	1,0	11,2
V4	51,4	45,8	0,0	0,0	3,9	51,0	45,5	0,2	-1,0	-7,3	-0,4	-0,3	0,2	1,0	11,2
V3	52,9	43,1	0,0	0,0	3,7	47,5	38,3	2,2	-1,0	-8,3	-5,4	-4,8	2,2	1,0	12,0
V17	55,7	39,6	0,0	0,0	3,5	16,4	14,1	12,5	-1,0	-4,9	-39,3	-25,5	12,5	1,0	8,4

Nesta segunda experiência (6 de Julho) verifica-se à partida um decréscimo geral na qualidade do metano monitorizado na fase anterior à experiência para os drenos horizontais, o que dificulta a possibilidade de realizar comparações com a experiência anterior de dia 26 e 27 de Junho. Os

drenos horizontais do patamar superior que verificam efeitos positivos são o H48, H47, H46, H45 e H37. Os primeiros três drenos melhoram a qualidade de metano extraído e o poço H37 mantém-se com bons níveis de metano ao longo da experiência, com uma ligeira quebra no caudal extraído. O poço H46, apesar de ter um aumento no nível de metano, não chega aos níveis desejados para aproveitamento energético. Do poço H38 ao poço H31 verifica-se má qualidade de metano antes e após a experiência.

Os drenos verticais verificaram um aumento do caudal e um decréscimo na qualidade do metano, menos acentuado no poço V4 que mantém boa qualidade. Os drenos V5 e V3 baixaram a qualidade mais acentuadamente. O poço V17 mostra evidências de gás condensado quando não existe depressão na tubagem (medição de 6 de Julho), corroborado pelo decréscimo dos níveis de metano na medição de dia 8 de Julho, com depressão na tubagem.

Uma experiência não prevista foi realizada de dia 1 para dia 2 de Julho, aquando de um aguaceiro forte que caiu sobre a zona piloto entre as 13h e as 14h de dia 1 de Julho. Este aguaceiro situou-se entre as medições de dia 1 de Julho (12h) e de 2 de Julho (15h e 30min), ocorrendo uma possibilidade rara nesta época do ano para visualizar os efeitos da adição de humidade à massa de resíduos. Os resultados das medições entre a precipitação forte registada no dia 1 de Julho estão na Tabela 4.7:

Tabela 4.7 - Alteração de comportamento dos drenos após precipitação forte de 1 de Julho de 2015

	Medição 1 Julho					Medição 2 Julho					Diferença				
Poço	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H49	36,5	25,4	5,3	0,0	0,0	55,4	33,3	2,6	-1,0	-14,8	18,9	7,9	-2,7	1,0	14,8
H48	58,2	40,0	0,1	-1,0	-11,7	62,0	37,7	0,1	-1,0	15,5	3,8	-2,3	0,0	0,0	-27,2
H36	2,7	3,8	17,4	0,0	0,0	28,1	25,7	6,3	0,0	-0,4	25,4	21,9	-11,1	0,0	0,4
H47	55,8	38,9	0,5	-1,0	-9,4	55,6	38,5	0,4	-1,0	-12,7	-0,2	-0,4	-0,1	0,0	3,3
H35	46,2	37,1	2,3	0,0	0,0	9,4	10,8	12,9	-1,0	-14,6	-36,8	-26,3	10,6	1,0	14,6
H46	47,6	36,1	0,1	0,0	-5,7	44,1	34,6	0,2	0,0	-7,2	-3,5	-1,5	0,1	0,0	1,5
H45	53,2	37,5	0,2	-1,0	-9,1	50,0	36,2	0,2	0,0	-11,3	-3,2	-1,3	0,0	-1,0	2,2
H34	23,5	17,6	10,8	0,0	0,0	6,1	6,4	15,9	0,0	0,0	-17,4	-11,2	5,1	0,0	0,0
H37	54,8	37,6	0,2	0,0	-7,5	54,2	37,4	0,2	-1,0	-9,0	-0,6	-0,2	0,0	1,0	1,5
H38	34,6	24,7	5,7	0,0	-7,2	33,0	22,9	6,8	-1,0	-8,8	-1,6	-1,8	1,1	1,0	1,6
H33	4,0	12,7	8,0	0,0	0,0	1,3	7,2	12,5	-1,0	-10,8	-2,7	-5,5	4,5	1,0	10,8
H39	47,8	37,2	0,0	0,0	0,2	38,8	32,5	0,7	-1,0	-5,5	-9,0	-4,7	0,7	1,0	5,7
H32	25,4	25,3	3,9	0,0	-1,4	21,6	23,0	5,7	-1,0	-4,8	-3,8	-2,3	1,8	1,0	3,4
H40	37,2	30,1	2,6	0,0	-3,6	53,6	36,6	1,0	-1,0	-9,4	16,4	6,5	-1,6	1,0	5,8
H31	26,4	22,3	6,8	0,0	-10,2	11,3	13,1	12,6	-1,0	-11,4	-15,1	-9,2	5,8	1,0	1,2
H30	57,7	40,2	0,1	-1,0	-12,4	57,4	39,9	0,0	-1,0	-12,1	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	-0,3
H29	35,2	24,3	7,2	-1,0	-12,3	41,8	32,8	1,7	-1,0	-10,9	6,6	8,5	-5,5	0,0	-1,4

Poço	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	Pt (mbar)	Q (L/h)
H28	0,8	3,8	18,7	0,0	-11,0	21,3	16,5	11,8	-1,0	-12,8	20,5	12,7	-6,9	1,0	1,8
H41	47,7	32,3	3,5	0,0	-10,8	49,6	33,2	3,0	-1,0	-10,1	1,9	0,9	-0,5	1,0	-0,7
H27	34,2	29,7	0,8	-1,0	-10,7	22,4	23,2	5,3	-1,0	-10,6	-11,8	-6,5	4,5	0,0	-0,1
H42	59,1	38,0	0,1	-1,0	-11,8	59,2	37,7	0,1	-1,0	-9,2	0,1	-0,3	0,0	0,0	-2,6
H43	58,5	38,5	0,1	-1,0	-12,4	59,0	38,0	0,2	-1,0	-10,7	0,5	-0,5	0,1	0,0	-1,7
H26	21,6	26,2	1,3	0,0	-11,9	21,2	25,8	0,9	-1,0	-11,1	-0,4	-0,4	-0,4	1,0	-0,8
H44	59,6	37,5	0,1	0,0	-9,1	60,6	37,1	0,2	-1,0	-8,6	1,0	-0,4	0,1	1,0	-0,5
H25	43,8	35,2	0,6	0,0	-10,7	44,6	34,6	0,4	-1,0	-11,0	0,8	-0,6	-0,2	1,0	0,3
V5	46,5	35,8	2,9	0,0	0,0	51,6	38,0	1,5	0,0	0,0	5,1	2,2	-1,4	0,0	0,0
V4	41,9	35,8	4,1	0,0	0,0	47,1	38,4	2,7	0,0	0,0	5,2	2,6	-1,4	0,0	0,0
V3	44,6	36,4	3,2	0,0	0,0	48,3	38,3	2,1	0,0	0,0	3,7	1,9	-1,1	0,0	0,0
V17	14,2	12,1	15,6	0,0	-4,1	12,4	12,8	13,8	-1,0	-5,2	-1,8	0,7	-1,8	1,0	1,1
V16	43,7	32,5	3,8	1,0	-1,5	49,7	36,1	2,2	0,0	0,0	6,0	3,6	-1,6	1,0	-1,5
V2	26,5	36,4	2,7	0,0	-1,8	50,1	38,0	1,8	0,0	0,0	23,6	1,6	-0,9	0,0	-1,8
V1	36,1	24,4	7,3	0,0	-4,8	38,0	25,3	6,8	0,0	-4,6	1,9	0,9	-0,5	0,0	-0,2

Da análise da Tabela 4.7 verifica-se a continuação da tendência mostrada nas tabelas anteriores, com esta última a ser possivelmente a que melhor traduz o comportamento geral dos drenos. Os drenos horizontais do patamar superior destacam-se pela positiva. Os drenos H49, H48 e H40 mostraram um aumento do nível de metano, com os drenos H49 e H40 a mostrarem aumentos de caudal significativos. Outros drenos deste patamar não mostraram grandes alterações de metano ou caudal, mas mantiveram os bons valores que traziam antes da experiência, casos dos drenos H47, H45, H37, H40, H41, H42, H43 e H44. A excepção deste patamar superior foi o habitual poço H38, com níveis de metano baixos e o poço H39 em que ocorreu um decréscimo de metano assinalável (9%).

Os drenos horizontais do patamar inferior, à partida para a experiência, traziam níveis de metano baixos. Ocorreram variações de todos os tipos nestes drenos com a experiência, uns aumentaram os níveis de metano e outros baixaram, no entanto nenhuma das subidas chegou a níveis relevantes para aproveitamento, o que mostra a ineficácia de extracção deste patamar. A excepção continua a ser o poço H30, que se comporta como um poço do patamar superior, com boa qualidade de metano (cerca de 57%) e um bom caudal de extracção (cerca de -12 L/h).

Os drenos verticais V17 e V1 apresentavam valores de metano baixos quer no início quer no final da experiência realizada. Os restantes drenos verticais aumentaram os níveis de metano, no entanto, devido à falta de depressão na tubagem que chega aos drenos verticais nos dias da experiência, não se deve tomar como verdadeiro os resultados observados, podendo estes dever-se a gás condensado na tubagem que não está a ser extraído.

4.5. Época Seca

A época seca correspondeu ao período da monitorização contínua com excepção dos dias em que existiu rega e precipitação. Durante o período de 18 de Maio a 31 de Julho de 2015 apenas ocorreu precipitação considerável no dia 1 de Julho, entre as 13h e as 14h, com aguaceiros fortes, situação já analisada no capítulo anterior.

O efeito do clima seco do verão na península de Sétubal faz com que a massa de resíduos não produza metano em condições óptimas de humidade. A Figura 4.13 mostra as variações do caudal médio diário de metano para o sector de drenos verticais e drenos horizontais, com a particularidade de se evidenciar também o sector superior de drenos horizontais, que verifica níveis superiores à média total de drenos horizontais.

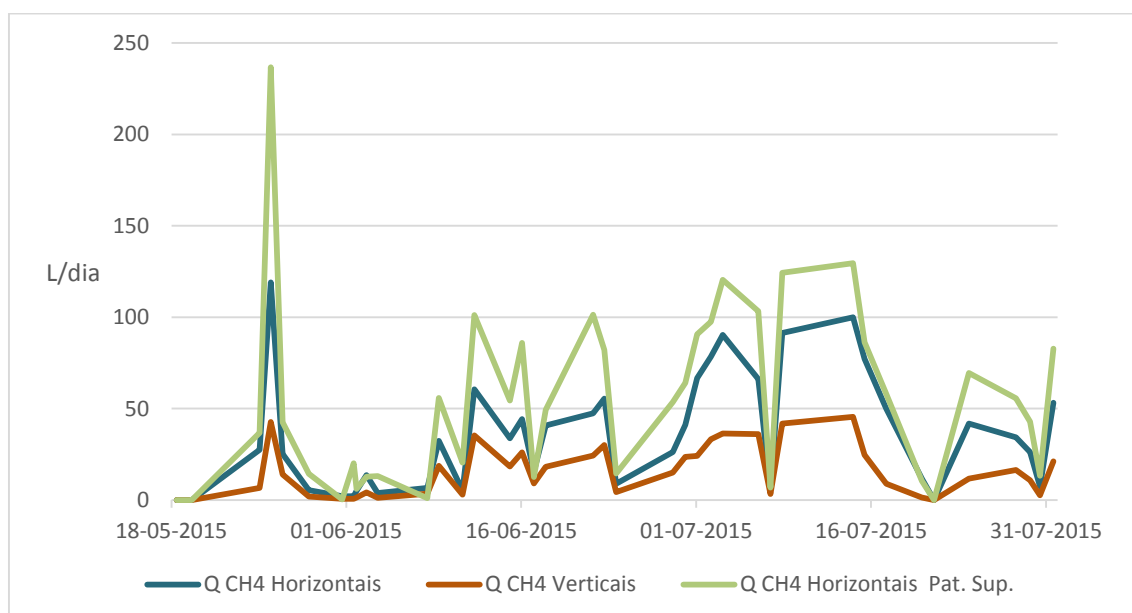


Figura 4.13 - Média Diária de Caudal de Metano Extraído por Conjunto de Drenos

A temporada seca verifica variações de caudal de metano que seguem um padrão entre os três sectores escolhidos. Nota-se um pico anormal no dia 26 de Junho para o patamar superior de drenos horizontais, causa do fecho dos drenos H42, H43 e H44, por razões desconhecidas, o que causou grandes pressões e acumulação de caudal. Aquando da medição de dia 26 de Junho, era notório o som que saia do ponto de colecção de dados quando este era aberto, em tom de assobio dada a velocidade de saída do biogás.

É de salientar a subida do caudal de metano a partir das datas de 26 de Junho até 2 de Julho, altura em que ocorreu a rega da zona piloto e a precipitação de dia 1 de Julho. O valor médio de caudal que sai dos drenos horizontais do patamar superior é maior do que o dos drenos verticais. Verifica-se ainda uma grande diferença entre o valor médio de caudal da totalidade dos drenos horizontais e do valor médio dos drenos horizontais do patamar superior, verificando-se mais uma vez o mau rendimento dos drenos horizontais do patamar inferior

4.6. Produção de Energia e Análise Económica

A produção de energia indirecta para cada um dos drenos estudados, atendendo ao seu teor de metano, pode ser vista na Figura 4.14. Para os cálculos foi tido em conta um PCI para o biogás de 4,36 KWh/m³ e uma eficiência de combustão do biogás de 40%. A azul estão os drenos horizontais do patamar superior e a vermelho os drenos horizontais do patamar inferior.

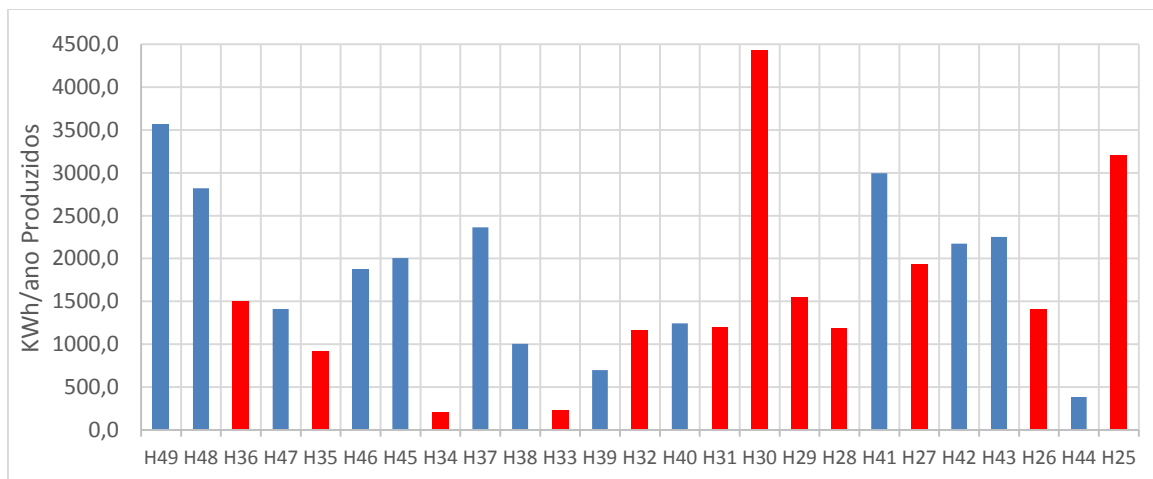


Figura 4.14 – Produção de energia (KWh/ano) no SAEB do ASS para cada drenos horizontais estudados

A soma total da energia produzida é de 43661 KWh/ano para os drenos horizontais. Verifica-se um ponto mínimo de produção para os drenos do patamar inferior (a vermelho) entre os drenos H34 e H33. A partir destes pontos, quer para a esquerda, quer para a direita, verifica-se um aumento gradual da energia produzida.

O melhor poço do patamar inferior acaba por ser o H25, que produz um pouco mais de 1000 KWh/ano de energia do que o segundo melhor poço desse patamar, o H27.

Os restantes drenos desse patamar situam a sua produção de energia entre os 900 e os 1900 KWh/ano. A produção geral de energia do patamar inferior é mais fraca do que a do patamar superior.

O melhor poço do patamar superior é o H30, que produz 4400 KWh/ano de energia, cerca de 800 KWh/ano a mais do que o segundo melhor poço, o H49. Para além desses dois drenos, o poço H41 também consegue chegar à produção de 3000 KWh/ano e o poço H48 aos 2800 KWh/ano.

Como drenos com eficiências mais baixas neste patamar destacam-se o poço H44, que apesar de ter níveis de qualidade muito bons, apresenta um caudal muito baixo, acabando por ser o pior poço deste patamar.

O poço H39 também apresenta pouca energia produzida, com cerca de 650 KWh/ano. Os restantes drenos não referidos deste patamar situam as suas produções entre os 1000 KWh/ano e os 2400 KWh/ano.

A energia produzida pelos drenos verticais mostra-se na Figura 4.15. A soma de energia produzida nestes drenos é de 3353 KW/ano. Em modo de comparação, os drenos H49 e H30 atingem ambos a soma de energia de todos os drenos verticais e o poço H25 fica a apenas 150 KWh/ano de o conseguir atingir.

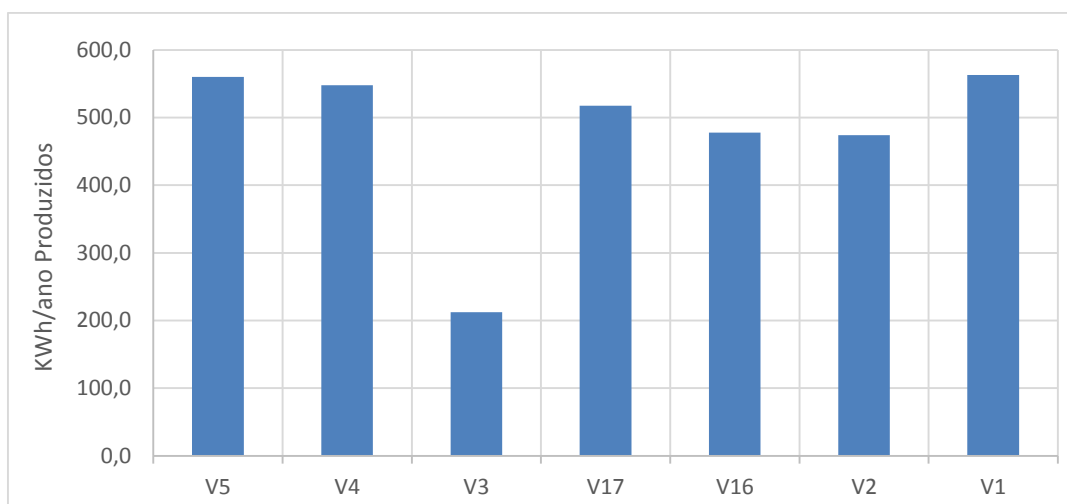


Figura 4.15 – Produção de energia (KWh/ano) no SAEB do ASS para cada drenos verticais estudados

Observando a Figura 4.15 verifica-se que nenhum dos drenos verticais supera a barreira dos 600 KWh/ano, o que só acontece para os drenos horizontais com os drenos H34, H33 e H44. O poço V17 teve alguns problemas de qualidade durante o período de monitorização, não se podendo afirmar com certeza sobre a veracidade dos valores obtidos para esse poço.

O poço V3 mostra rendimentos energéticos menores do que os restantes drenos verticais, obtendo apenas 200 KWh/ano, longe da média de 500 KWh/ano apresentada para os restantes drenos. A utilização simultânea dos sistemas vertical e horizontal pode estar a penalizar o sistema vertical.

A análise económica é feita atendendo ao preço pago pelo KWh, que para o biogás é de 0,10 euros (€). A Figura 4.16 mostra a receita obtida por poço horizontal, por ano, caso os pressupostos do estudo se mantenham constantes ao longo do ano. A Figura 4.17 mostra a receita obtida por poço vertical, para as mesmas condições referidas para os drenos horizontais.

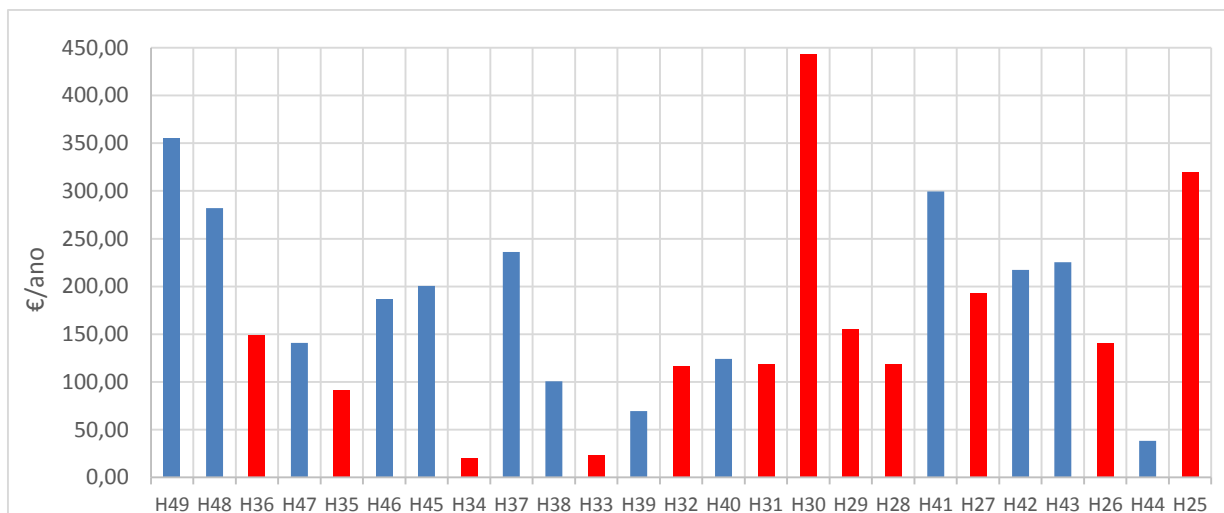


Figura 4.16 – Receita obtida pela venda de energia produzida indirectamente pelos drenos horizontais

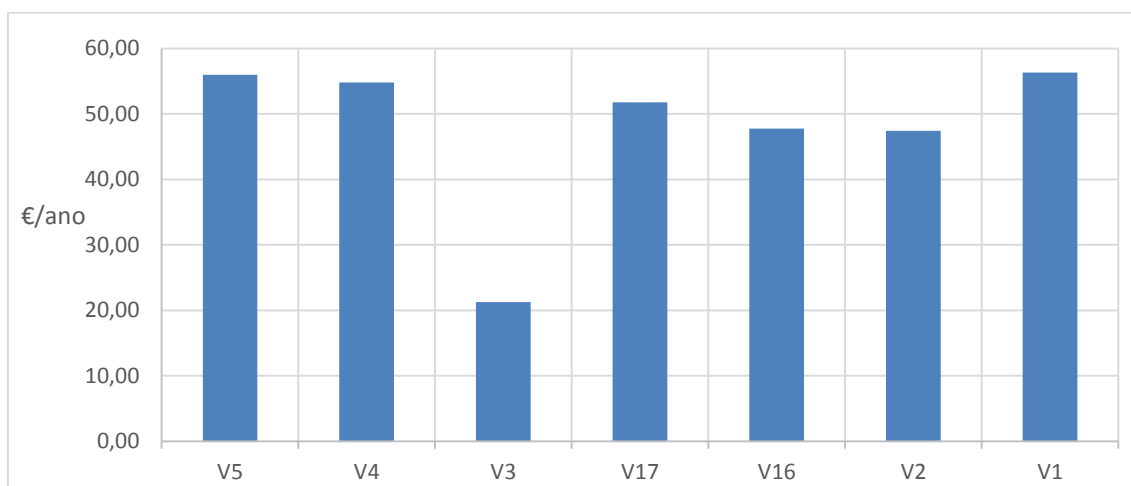


Figura 4.17 - Receita obtida pela venda de energia produzida indirectamente pelos drenos verticais

Da análise da Figura 4.16 e da Figura 4.17 verifica-se que a receita obtida através dos drenos é baixa. Os drenos horizontais do patamar superior são, no geral, os que mais contribuem para a receita de biogás para a zona piloto.

O outro extremo estão os drenos verticais que têm rendimentos quase nulos. Estes resultados podem ter a ver, em parte, com as condições de exploração da zona piloto e da falta de tela de cobertura, factor que impediria a migração e escape de grande parte do biogás produzido.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

A monitorização contínua dos drenos horizontais e verticais (Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4 e Anexo 5) da zona piloto escolhida na célula C do ASS revelou diferentes níveis de qualidade e quantidade do biogás extraído. Desta forma e atendendo às características particulares de cada sector, apresenta-se, de modo separado, a discussão para cada conjunto de drenos.

5.1. Drenos Horizontais do Patamar Superior

Em relação aos drenos horizontais, os do patamar superior mostram melhores resultados que os do patamar inferior, o que contraria o pressuposto teórico de que os drenos inferiores deveriam ter melhores resultados.

Este acontecimento poderá estar relacionado com a maior frescura dos resíduos no topo da zona piloto, que produzem mais biogás, por serem mais recentes. Esta última camada de resíduos está directamente em contacto com os drenos do patamar superior, o que pode explicar os melhores rendimentos desses drenos.

O poço H38 tem uma média de metano 9,4% inferior à média dos drenos do patamar, acando por ser o maior desvio registado. O poço H44 verifica uma eficiência de extracção baixa, pois apesar de ser um dos melhores drenos para a qualidade medida, é o que menor caudal apresenta, acabando por ser escasso o biogás extraído por esse poço.

Com o fecho dos drenos verticais, verificaram-se aumentos de caudal neste patamar para quase todos os drenos, um efeito espectável devido à existência de maior caudal disponível. A nível qualitativo não ocorreram mudanças significativas. Este resultado era expectável pois na altura das medições existia uma qualidade de cerca de 60% para os drenos do patamar, que seria difícil de aumentar.

A rega da zona piloto aumentou maioritariamente o caudal dos drenos na experiência de dia 26 e 27 de Junho, mantendo-se a boa qualidade de extracção (cerca de 60%). No dia 1 de Julho, em que ocorreu chuva intensa, a qualidade do biogás medido antes da precipitação era de um modo geral mais baixa do que nos dias 26 e 27 de Junho.

A medição seguinte no dia 1 de Julho mostrou aumentos significativos de qualidade de metano nos drenos H49, H48, H40, H41, H42, H43 e H44. Registaram-se aumentos significativos no caudal para os drenos H49 e H40. Na experiência de rega da zona piloto de 6 de Julho, os drenos que obtiveram aumentos de qualidade de metano foram o H49, H48, H47 e H45.

A humidade presente na massa de resíduos antes da rega da zona piloto não seria a ideal, pois com a adição de água os resultados obtidos melhoraram, ou em termos qualitativos (metano) ou em termos quantitativos (caudal).

Este resultado sugere que a massa de resíduos do aterro deva ser regada regularmente para serem mantidos os níveis de humidade necessários a uma metanogénese eficiente, principalmente na época seca correspondente ao verão.

5.2. Drenos Horizontais do Patamar Inferior

A monitorização contínua de alguns drenos do patamar inferior, como o H34 e o H33, verificou rendimentos muito baixos. Pode colocar-se em causa o estado funcional dos drenos, que podem estar danificados, entupidos com resíduos ou lamas, ou mesmo partidos ou esmagados em algum segmento.

O estado dos resíduos que se situam abaixo do patamar inferior, que datam de 2001 a 2011, podem já estar numa fase posterior à metanogénica, produzindo pouco ou nenhum metano, não permitindo aos drenos desse patamar obter melhores rendimentos.

Outra causa para os baixos rendimentos deste patamar pode ser um desvio de caudal por parte dos drenos do patamar superior, pois o metano não é impedido de subir para além do nível a que estão os drenos do patamar inferior. Não existe uma tela a separar os estratos de resíduos, podendo o biogás migrar verticalmente, acabando por ser aspirado e captado pelos drenos do nível superior. Os drenos deste patamar observam uma média de metano 14,8% inferior à registada para os drenos do patamar superior.

Com a exceção dos drenos H30, H39 e H25 todos os outros drenos do patamar não estão em condições de aproveitar o biogás extraído.

Ao contrário do que se verificou com os drenos do patamar superior, com o primeiro fecho dos drenos verticais não ocorreram mudanças gerais significativas nos drenos do patamar inferior, nem ao nível do metano nem ao nível do caudal extraído.

As exceções verificadas foram os drenos H30, H29 e H25, que se comportam como drenos do patamar superior. Estes drenos podem ter áreas de influência em comunhão com as áreas dos drenos verticais.

A experiência de rega da zona piloto não mostrou aumentos de metano ou caudal para os drenos do patamar inferior. A qualidade geral dos drenos deste patamar durante esta experiência era baixa e não aumentou com a rega.

5.3. Drenos Verticais

Os drenos verticais mostraram baixa eficiência de extracção de biogás. Este facto pode ser explicado pela altura de captação a que estes se encontram, cerca de 5 m acima da altura de extracção de captação dos drenos horizontais.

A depressão nas tubagens que chega aos drenos verticais pode não ser suficiente para extrair convenientemente o gás. Deste modo uma experiência futura a realizar seria o aumento da capacidade de sucção do compressor, para verificar se ocorreriam aumentos de caudal extraído nos drenos verticais.

O raio de influência dos drenos verticais pode também não estar bem definido. Devido ao facto de existir uma grande densidade de drenos verticais e horizontais numa pequena área, estes podem entrar em conflito entre si. O metano disponível na massa de resíduos pode não ser suficiente para o número de drenos instalados, ocorrendo rendimentos abaixo do espectável para muitos dos drenos analisados.

Durante as medições verificou-se também a existência de muito condensado nas válvulas de desvio de condensados anexadas aos drenos verticais. Podem por vezes existir problemas de entupimento nas tubagens a jusante do local de extracção, como se verificou numa ocasião.

A válvula de desvio de condensados esteve a verter por mais de 24 h, tal era o caudal a entupir a tubagem, impedindo a sucção de gás a toda a zona piloto.

Com a primeira experiência de fecho dos drenos horizontais ocorreu um decréscimo geral na qualidade do metano extraído nos drenos verticais, o que foi inesperado. O caudal nos drenos verticais aumentou. A descida de qualidade observada nos drenos verticais pode dever-se a outras causas externas à experiência, que não o fecho dos drenos horizontais. Na segunda experiência de fecho dos drenos horizontais voltaram a ser verificadas descidas na qualidade do metano dos drenos verticais, mas menos acentuadas. O caudal aumentou de forma menos acentuada.

O poço V17 verifica descidas mais abruptas na qualidade e aumentos mais abruptos no caudal do que o resto dos drenos verticais. A falta de depressão na tubagem no início das experiências de fecho dos drenos horizontais pode também ter influenciado os resultados.

A primeira rega da zona piloto revelou aumentos na qualidade do metano extraído e uma ligeira quebra no caudal. A segunda rega da zona piloto aumentou o caudal, baixando a qualidade. A precipitação ocorrida a 1 de Julho aumentou a qualidade do metano extraído nos drenos verticais numa média de cerca de 5%.

5.4. Interacção entre Drenos

Da comparação dos resultados práticos do Anexo 1 com a fase IV da Figura 2.6, os drenos horizontais H48, H47, H46, H45, H37, H30, H41, H42, H43, H44 e H25, assim como os drenos verticais à excepção do V17, apresentam curvas semelhantes às esperadas para uma massa de resíduos em estado metanogénico de degradação.

Os drenos H49, H36, H35, H39, H32, H40 e H29 não relfetem uma curva tão bem definida como os outros drenos mas apresentam valores suficientes para se poder afirmar que estão na mesma fase de degradação de resíduos, a metanogénica.

Os drenos horizontais H34, H38, H33, H31, H28, H27, H26 e o poço vertical V17 não apresentam a curva esperada (Figura 2.6, fase IV). Estes drenos têm baixa qualidade do metano extraído. O caudal de extracção é semelhante aos outros drenos, pelo que o problema reside na qualidade do biogás.

Drenos como o H35, H34, H33 e H28 têm exactamente três metros acima os drenos H46, H45, H38 e H41 respectivamente. Estes três drenos do patamar superior obtêm melhores rendimentos que os do patamar inferior imediatamente abaixo, podendo o biogás estar a migrar verticalmente.

O poço H32 contraria esta tendência, obtendo melhores rendimentos que o poço imediatamente acima, o H39. No entanto, o poço H39, com 44,4%, tem melhor percentagem média de metano do que o H32, com 38,1%.

5.5. Produção de Energia

A podução de energia tem em conta o caudal de biogás e a quantidade de metano extraída.

Nos drenos horizontais do patamar superior esta quantidade é mais significativa do que nos restantes sectores. Este resultado pode ser explicado pela zona de influência que percorre uma maior área, assim como pela altura de disposição dos drenos, no topo, que atinge um estrato de resíduos com maior frescura.

Os drenos horizontais do patamar inferior têm eficiências menores de produção energética, resultado da interacção com os drenos do patamar superior, para os quais perdem biogás.

Os drenos verticais, devido ao menor caudal extraído, produzem menos energia do que a generalidade dos drenos horizontais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Síntese

A monitorização contínua da zona piloto definida na célula C permitiu conhecer o rendimento dos drenos instalados, para além de ter dado indicações muito concretas do estado actual dos drenos. O estudo realizado revelou-se muito importante pois o controlo *in situ* e prolongado dos drenos permite avaliar com maior exactidão as variações de qualidade e quantidade de biogás produzido.

Este tipo de estudo permitiu caracterizar os drenos de acordo com o seu bom ou mau funcionamento e rendimento. Os ensaios de fecho de sectores permitiram avaliar a existência de interacções entre drenos.

A adição de humidade ao solo permitiu corroborar a ideia de que maiores percentagens de humidade favorecem a produção de biogás. A massa de resíduos revelou carência de água.

Através de uma análise sectorial, reconheceu-se o maior rendimento dos drenos horizontais instalados na proximidade do topo da camada de resíduos (patamar superior). Os drenos horizontais do patamar inferior demonstram pior qualidade do biogás do que os do patamar superior, com a causa principal a ser o estado de degradação dos resíduos abrangidos nessa área de influência, a migração vertical do biogás e os drenos do patamar superior que podem aspirar e captar o biogás que seria captado nos drenos do patamar inferior.

Os drenos verticais mostram problemas com o sistema de extracção, captando menor caudal. A qualidade média destes drenos inclui-se entre a média dos drenos horizontais do patamar superior e a média dos drenos horizontais do patamar superior.

Problemas relacionados com a capacidade de depressão nas tubagens, entupimentos e o pequeno raio de influência dos drenos verticais podem ser indicados como causas para os baixos rendimentos observados para os drenos verticais.

A massa de resíduos não está impermeabilizada ou selada, pelo que existem fugas de metano para a atmosfera que não se conseguem contabilizar. Este facto influencia ainda os rendimentos de biogás obtidos, que poderiam ser maiores caso a zona piloto fosse impermeabilizada. Apesar disso, até ao momento, pela queima do biogás, foi evitado o envio directo de 664 mil t de CO₂ eq. para a atmosfera.

Pelo aproveitamento energético realizado no SAEB do ASS evitou-se recorrer a combustíveis fósseis para produção de energia eléctrica. A poupança indirecta relacionada com a escolha da produção de energia eléctrica por recurso à queima do biogás foi de 68 milhões de t de CO₂ eq.

6.2. Limitações

6.2.1. Condições da Zona Piloto

A zona piloto, por estar sem cobertura, pode apresentar inúmeros pontos de fuga de metano no solo, através de fendas de pressão, quer pelo movimento ascendente e lateral do biogás, quer pelas diferenças de temperatura a que o solo é exposto durante o ciclo diário, ou ainda pela infiltração de água da chuva.

Por todos estes motivos é necessário cobrir a massa de resíduos com uma tela impermeabilizante que proteja o solo e que impeça o biogás de se escapar para a atmosfera.

Usualmente, a monitorização dos drenos de biogás no aterro do Seixal tem em conta apenas a quantificação percentual dos gases CH_4 , CO_2 e O_2 e medições pontuais da pressão na tubagem. O caudal deveria ser um factor de medição a considerar pelos operadores do aterro, pois para além de se ter de garantir em primeira mão a qualidade do biogás, verificada pela percentagem de CH_4 , é necessário também garantir quantidade, factor que é controlado pela medição de caudal.

6.2.2. Tempo Experimental

O tempo planeado para as experiências de fecho de drenos verticais, fecho de drenos horizontais e rega da zona piloto foi de uma semana para cada experiência. No entanto, por impossibilidade de manutenção dos motogeradores, que necessitam de caudal, a permissão da AMARSUL foi de realizar experiências com duração diária (24h). Este espaço temporal não permite obter resultados tão evidentes quanto os que se obteriam em experiências de duração semanal (sete dias).

6.2.3. Pontos isolados e erros de medição

Por vezes, durante o processo de monitorização contínua, foram registados valores que se comportam como pontos isolados (outliers). Estes valores verificaram-se sobretudo para o caudal extraído. Em dias posteriores ao fecho de drenos, quando estes voltavam a ser abertos, poderiam vir com pressões e caudais maiores. Exemplos de valores isolados são os de pressão e caudal dos drenos H42, H43 e H44, no dia 25 de Junho.

Os valores registados para os gases podem, por vezes, ter sido errados. Os erros podem ter sido causados por colmatção do filtro de gases, colmatção essa causada pela ascensão de lixiviado pelo tubo de amostragem.

As medições efectuadas foram sempre realizadas com o máximo cuidado mas salvaguarda-se a eventualidade de algum erro por colmatção do filtro. Erros deste tipo têm como efeito a subvalorização dos gases medidos.

6.3.Desenvolvimentos Futuros

De modo a dar continuidade ao trabalho efectuado, seria importante a realização de um estudo semelhante para o período de inverno, de modo a verificar a qualidade e quantidade de produção de biogás com as condições de temperatura e humidade típicas dessa estação.

O aumento de humidade característico do inverno, no nosso país, deveria aproximar a massa de resíduos do nível óptimo. A monitorização seria interessante para perceber eventuais mudanças de rendimento com o estado do clima.

Caso a massa de resíduos seja revestida num futuro próximo, seria importante estudar o rendimento da zona piloto com revestimento, para que se pudessem fazer comparações com este estudo e se compreende-se a necessidade de instalação de uma tela protectora.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Portuguesa do Ambiente I.P. (APA) (2014), Avaliação Ambiental do PERSU 2020 – Relatório Ambiental Preliminar

AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., <http://www.amarsul.pt>, consultado de Abril a Julho de 2015

AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. (2013), Relatório Ambiental Anual do Ecoparque do Seixal – 2012 (RRA-ASS)

AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. (2014), Relatório Ambiental Anual do Ecoparque do Seixal – 2013 (RRA-ASS)

AMARSUL, Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. (2015), Relatório Ambiental Anual do Ecoparque do Seixal – 2014 (RRA-ASS)

Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN) (2012), Anuário APREN 2012

Barlaz, M.A., Schaeffer, D.M. e Ham, R.K. (1989), *Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill*, Applied and Environmental Microbiologist, 55, pág.55-65

Cabeças, A. (2011), Centros Eletroprodutores de Biogás no Universo EGF - Apresentação da Calibração do modelo teórico com base em dados de campo. *7ª Jornadas Técnicas Internacionais de Resíduos*. Instituto Superior de Engenharia do Porto

Cavenati, S., Grande, C.A., Rodrigues, A.E. (2005), *Upgrade of methane from landfill gas by pressure swing adsorption*, Energy and Fuels, 19, pág. 2545-2555

Christensen, T. H., Cossu R. e Stegmann, R. (1996), *Landfilling of Waste: Biogas*, E & FN Spon, pág. 1-681

Climate-Data.org, <http://pt.climate-data.org/location/7110/>, consultado a 14 de Junho de 2015

Decreto-lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, Diário da República, n.º 153/2009, 1ª Serie, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional

Decreto-lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, Diário da República, n.º 116/2011, 1ª Serie, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

Earth Policy Institute (2002), *Economic growth falters: historical time series from David Malin Roodman*, http://www.earth-policy.org/Indicators/Econ/Econ_data.htm, consultado em 2007 por Themelis *et al*, (2007)

El-Fadel, M., Findikakis, N e Leckie, J.O. (1989), *A numerical model for methane production in managed sanitary landfills*, Waste Management & Research, 7, pág.31-42

EMCON Associates (EMCON) (1980), *Methane generation and recovery from landfills*, Ann Arbor Science Publishers, pág. 44-51

Empresa Geral de Fomento (EGF) (2015), <http://www.egf.pt>, consultado em Abril de 2015

Gendebien, A., Pauwels, M. e Constant. M. (1992), *Landfill gas – from environment to energy*, Comission of the European Communities, Luxemburgo

Grande, C.A., Rodrigues, A.E. (2007), *Biogas to fuel by vacuum pressure swing adsorption*, I. Behavior of Equilibrium and Kinetic-Based Adsorbents, Ind. Eng. Chem. Res., 46, pág.4595-4605

Hoather, H.A. e Wright, P.A. (1989), *Landfill gas: site licensing and risk assessment*, Alston, Y.R. e Richards, G.E. (ed), *Landfill Gas and Anaerobic Digestion of Solid Wastes*, Harwell Laboratories, UK

Instituto do Ambiente (2005), *Relatório do Estado do Ambiente 2003*, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Amadora, Portugal

Instituto Nacional de Estatística (INE), <http://www.ine.pt>, consultado de Junho a Julho de 2015

Jones, K.L., Rees, J.F. e Grainger, J.M. (1983), *Methane generation and microbial activity in a domestic refuse landfill site*, European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, 18, 242-5

Leuschner, A.P. (1983), *Feasibility study for recovering methane gas from the Greenwood Street sanitary landfill*, Vol.1, Dynatech R&D Co., Cambridge, MA

Levy, J. e Cabeças, A. (2006), *Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e processos* (1ª Ed.), AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente

Martinho, G., Gonçalves, M. e Silveira, A. (2011), *Gestão Integrada de Resíduos*, Universidade Aberta

McCarron, G.P., Dillah, D.D. e Esterly, O.R. (2003), *Horizontal collectors: design parameters, mathematical model, and case study*, 26th Annual Landfill Gas Symposium, Solid Waste Association of North America, 24 a 27 de Março

McInerney, M.J. e Bryant, M.P. (1983), *Review of methane fermentation fundamentals*, in. Wise, D.L. (ed), *Fuel Gas Production from Biomass*, CRC Press, Boca Raton, FL, Capítulo 2

Nastev, M., Therrien, R., Lefebvre, R. e Gélinas, P. (2001), *Gas production and migration in landfills and geological materials*, *Journal of Contaminant Hydrology*, 52, pág. 187-211

Park, J. e Shin, H. (2001), *Surface emission of landfill gas from solid waste landfill*, *Atmospheric Environment*, 35, pág. 3445-3451

Petersen, T.N. (1988), *Human health risk assessment of landfill gas emissions*, Department of Engineering Professional Development, University of Wisconsin-Madison, WI, USA, pág. 164-177

Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março, Diário da República, nº53/2004, 1ª Série, Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente

Powell, G.E., Watkins, A.T. e Manley, B.J.W., (1992), *Restoration of a large urban landfill in Hong-Kong*, *Geotechnique*, 42, pág. 37-47

Raghab, S.M., Abd El Meguid, A.M., Hegazi, H.A. (2013), *Treatment of leachate from municipal solid waste landfill*, *Housing and Building National Research Center Journal*, 9, pág. 187-192

Renou, S., Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P. (2008), *Landfill Leachate Treatment: Review and Opportunity*, *Journal of Hazardous Materials*, 150, pág. 468-493

Rettenberger, G. (1985), *Gasfoermige Emissionen aus Abfalldeponien im Hinblick auf Umweltrelevante Schadstoffe*, Proc. Muelltechnisches Seminar und Fachgesprach Sondernuell, Muenchen, Germany, pág. 40-56 (em Alemão)

Solid Waste Association of North America (SWANA) (1997), *Landfill Gas Operation & Maintenance – Manual of Practise*, pág. 57-62

Silva, A. (2014), *Utilização de Método Geofísico como Ferramenta Inovadora para Incrementar a Produção de Biogás e Respectivo Aproveitamento Energético. Caso de Estudo: Aterro do Barlavento - Célula B*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Stern, D.I., Kaufmann, R.K. (1998), Annual estimates of global anthropogenic methane emissions: 1860–1994, <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/meth/ch4.htm>, consultado em 2007 por Themelis *et al*, (2007)

Subac, S., Raskin P. e Von Hippel, D. (1993), *National greenhouse gas accounts: current anthropogenic sources and sinks*, Climate Change, 25, pág. 15-18

Tchobanoglous, G., Theisen, H. e Vigil, S. (1993), *Integrated Solid Waste Management - Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill International Editions

Themelis, N.J., Ulloa, P.A. (2007), *Methane generation in landfills*, Renewable Energy, 32, pág. 1243-1257

United States Army Corps of Engineers (U.S. ACE) (2013), *Landfill Gas Collection and Treatment Systems* – Engineer Manual, 30 de Abril

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (1994), *International anthropogenic methane emissions: estimates for 1990*, Report EPA 230-R-93-010, Office of Policy, Planning And Evaluation, Washington, DC

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (2002), *International analysis of methane emissions*, <http://www.epa.gov/methane/intlanalysis.html>, consultado em 2007 por Themelis *et al*, (2007)

U.S. EPA (2005), http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/pdh_chapter2.pdf, consultado a 31 de Julho de 2015

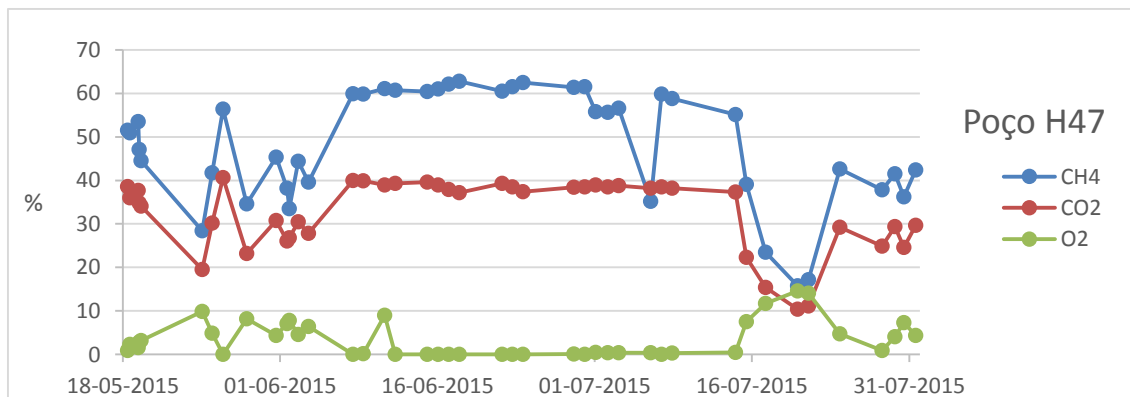
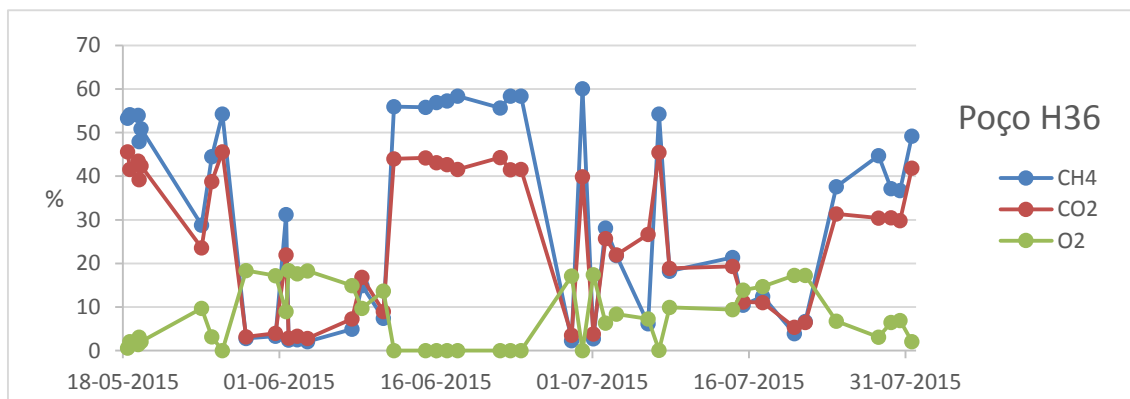
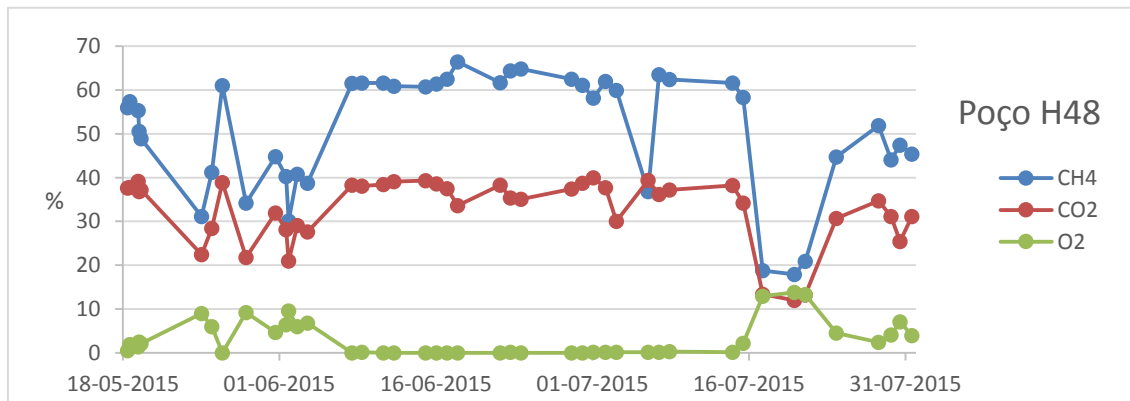
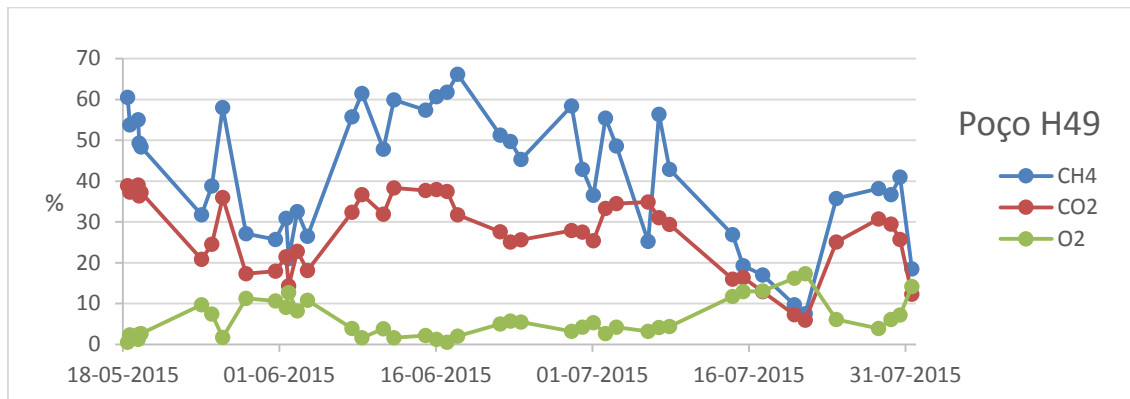
Whalen, S.C., Reeburgh, W.S. e Sandbeck, K.A. (1990), *Rapid methane oxidation in a landfill cover soil*, Applied Environmental Microbiology, 56, pág. 3405-3411

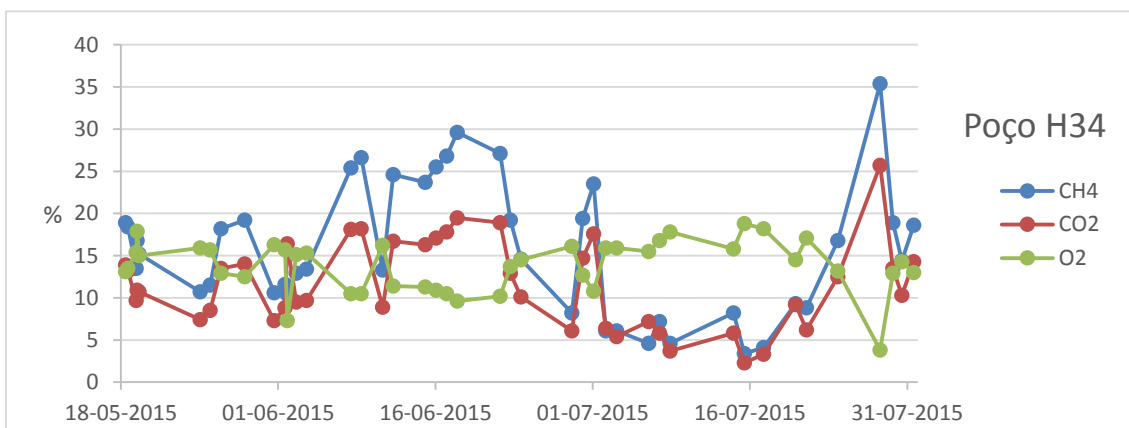
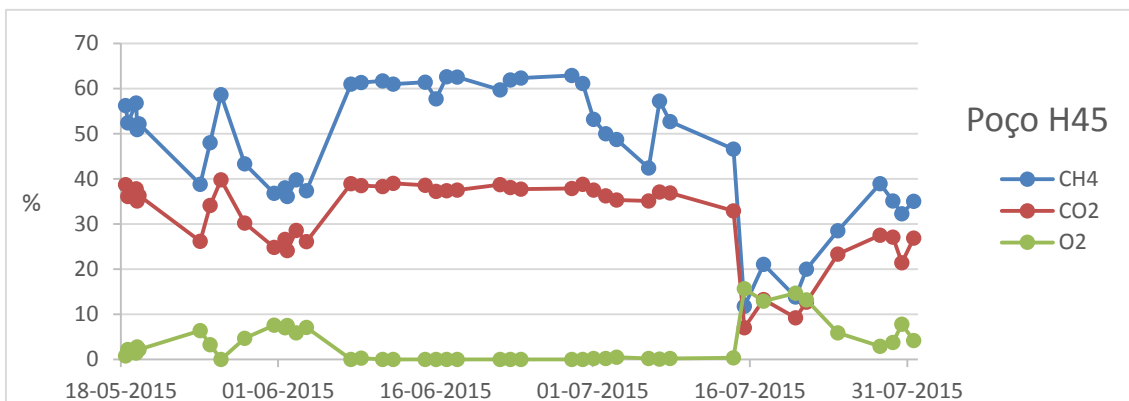
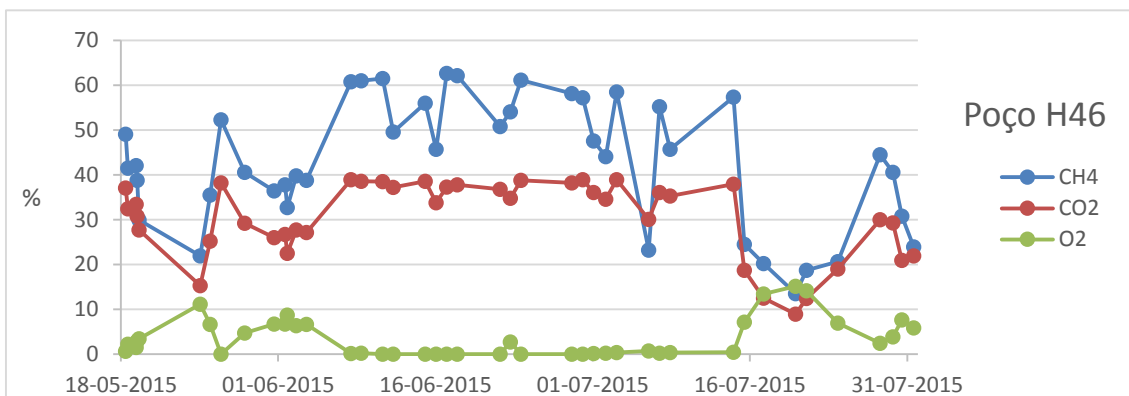
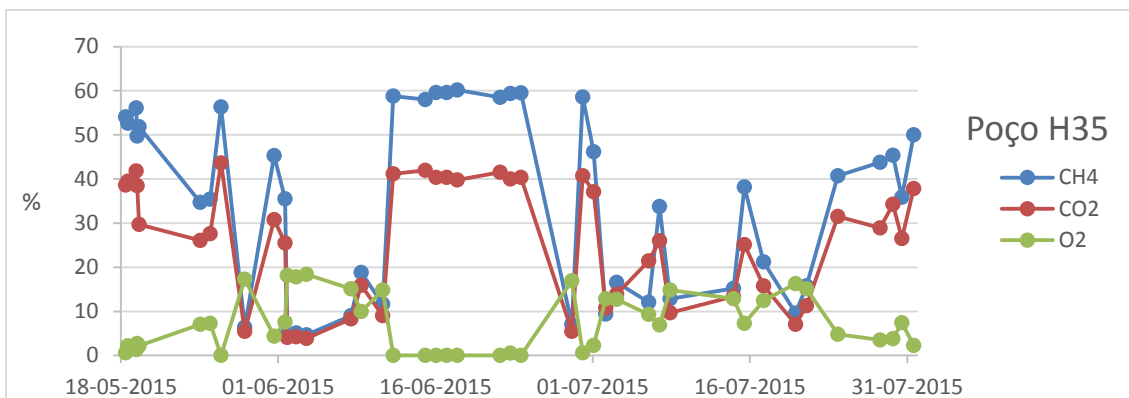
Williams, P.T. (2005), *Waste treatment and disposal*, John Wiley & Sons, (2ªEd.), pág. 212-220

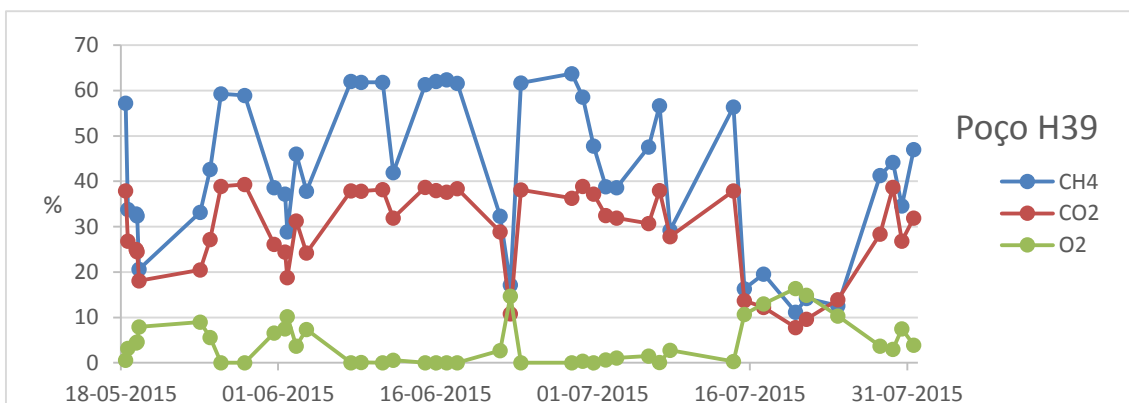
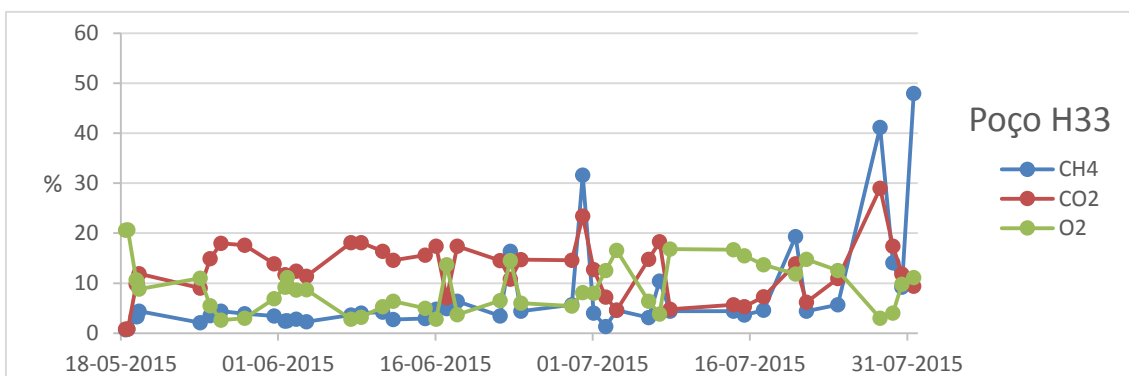
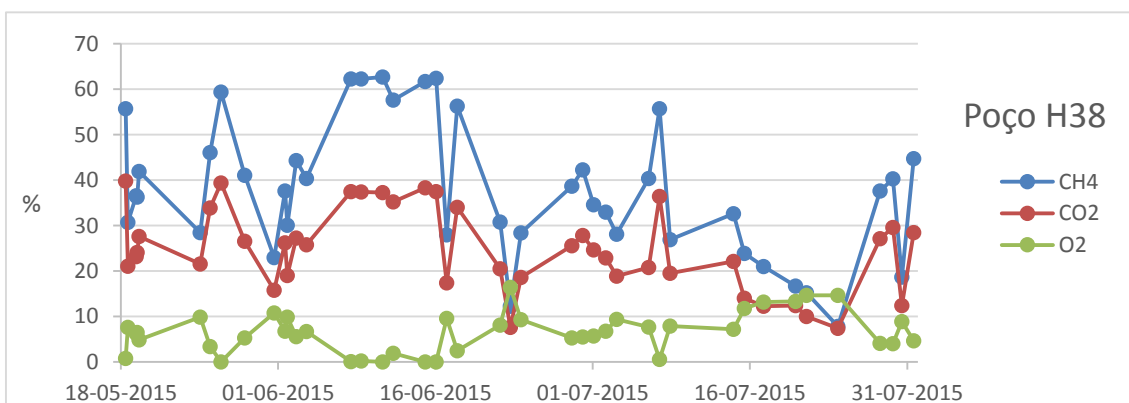
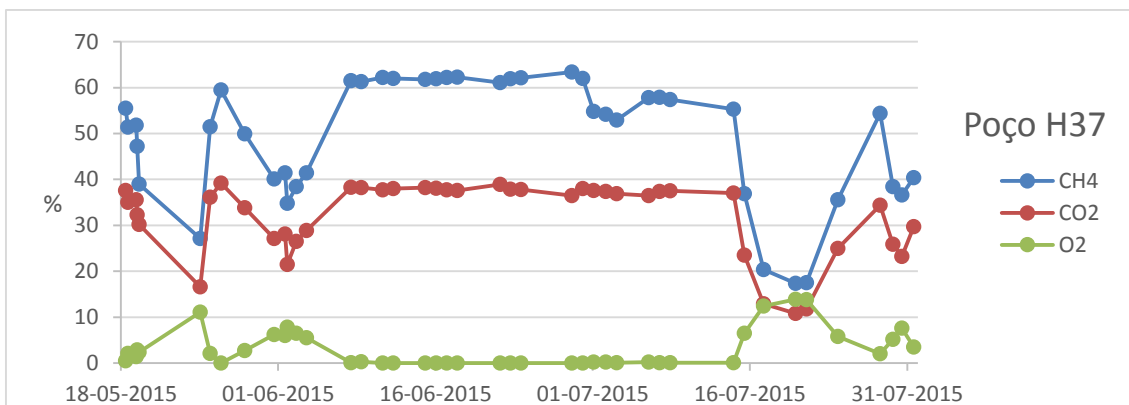
Young, P.J., Parker, A. (1983), *The identification and possible impact of trace gases and vapours in landfill gas*, Waste Management & Research, 1, pág. 213-226

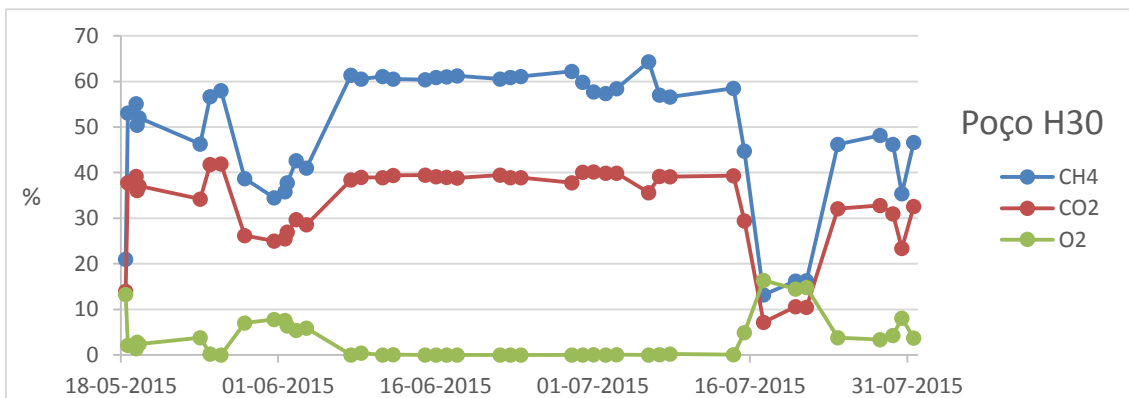
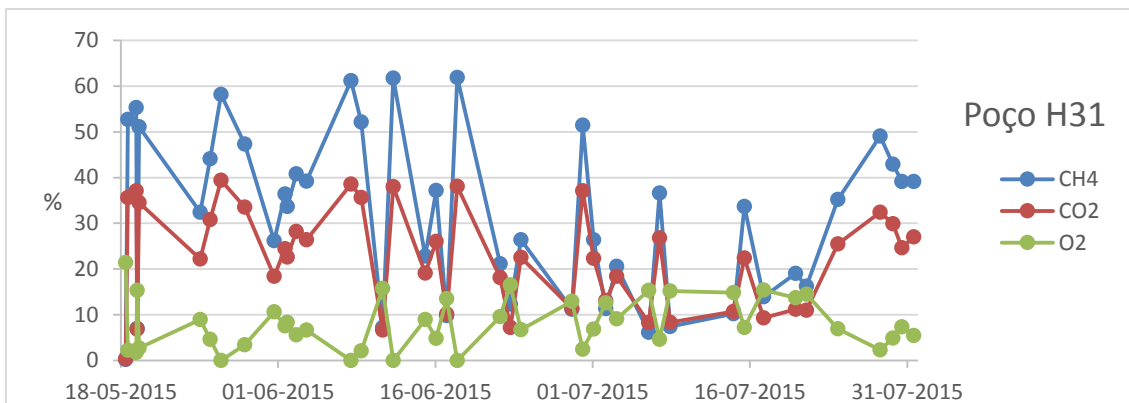
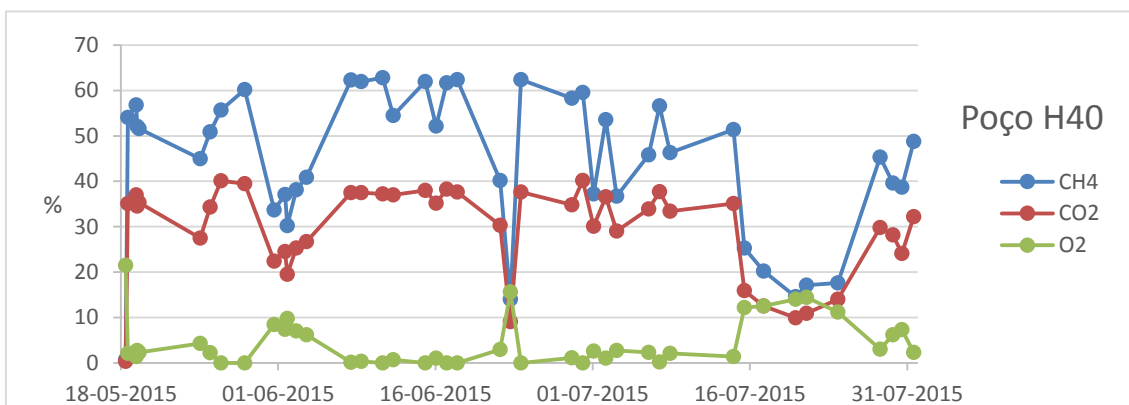
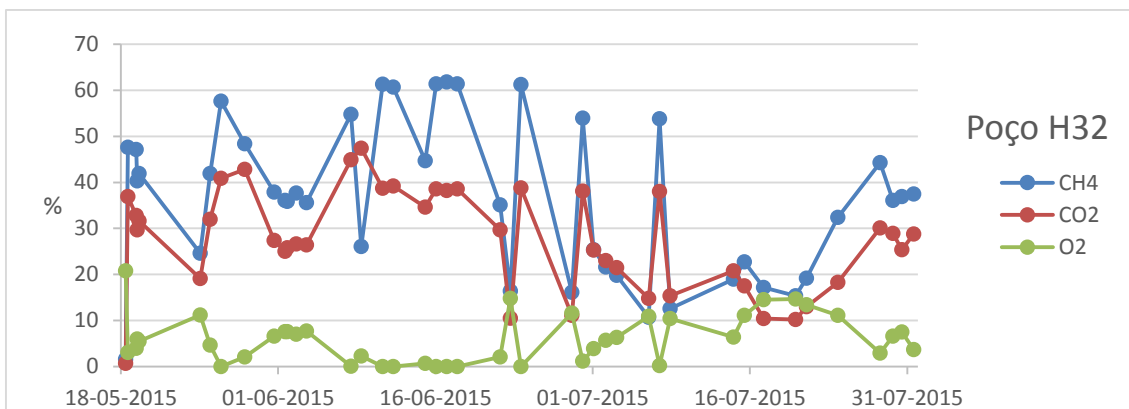
ANEXOS

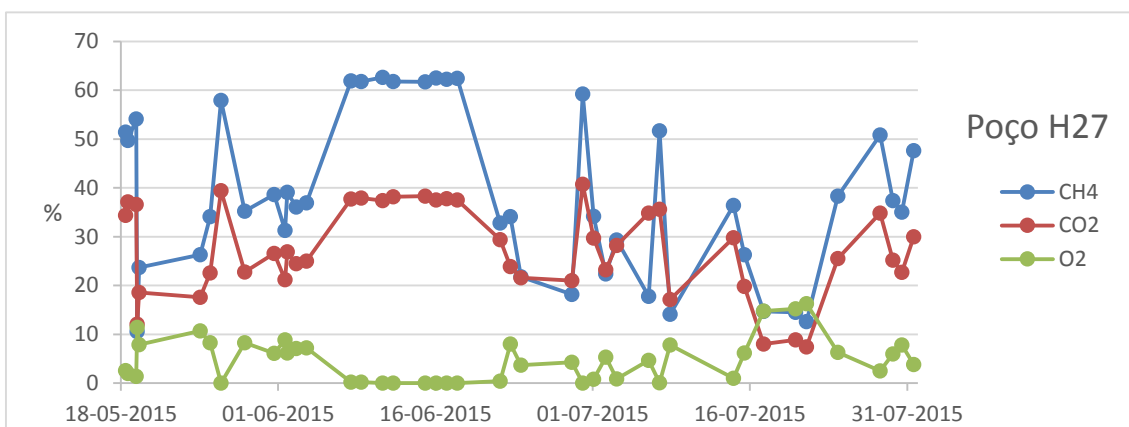
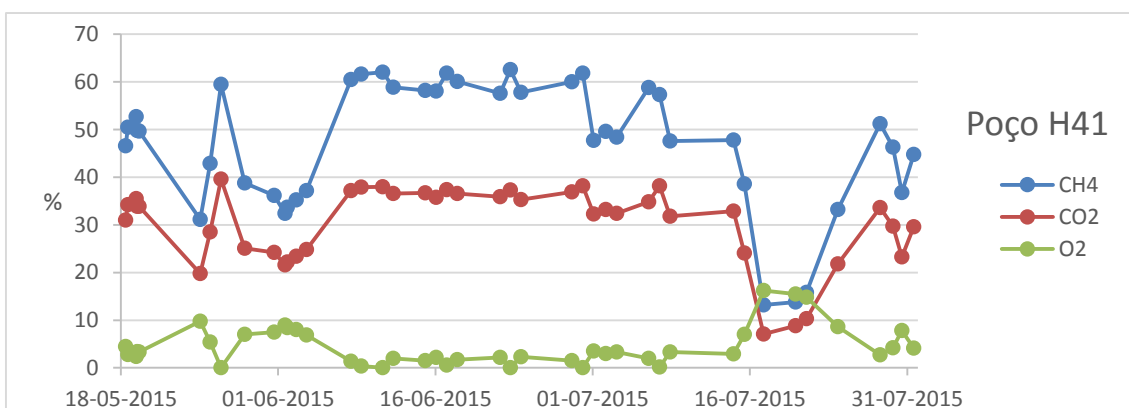
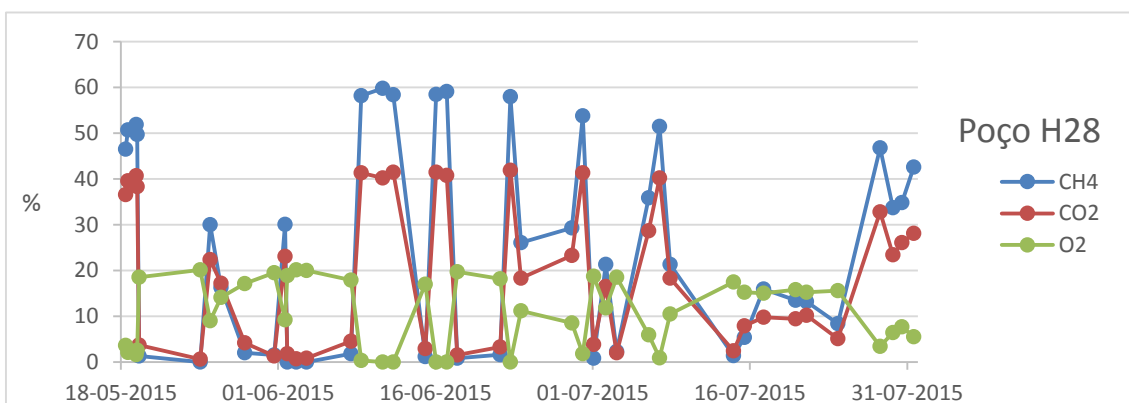
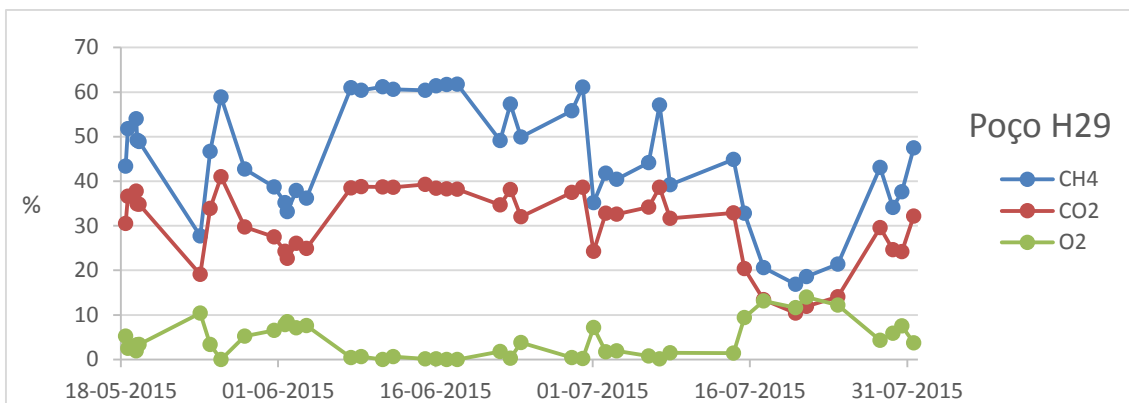
1. Monitorização Contínua dos Gases dos Drenos Horizontais e Verticais

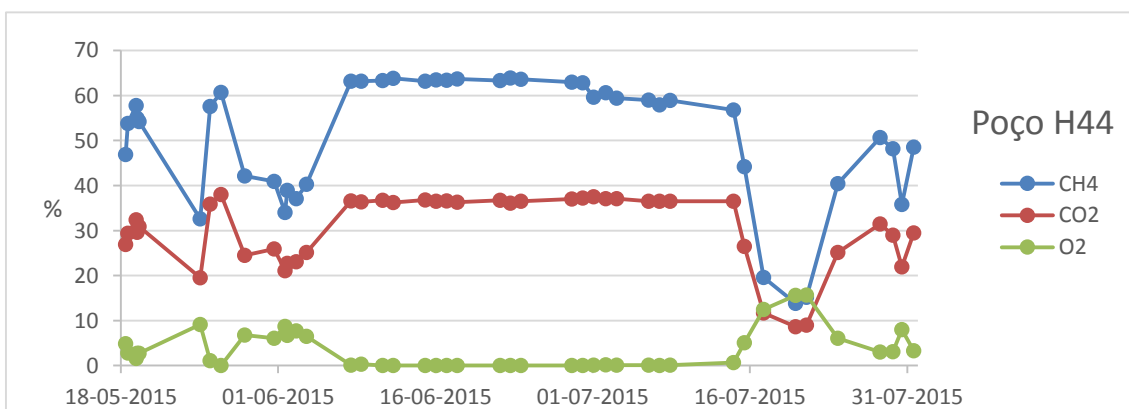
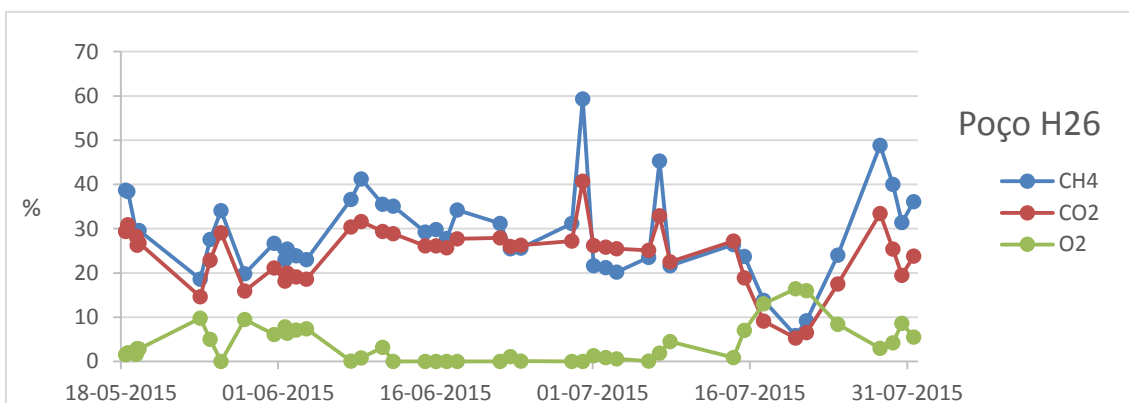
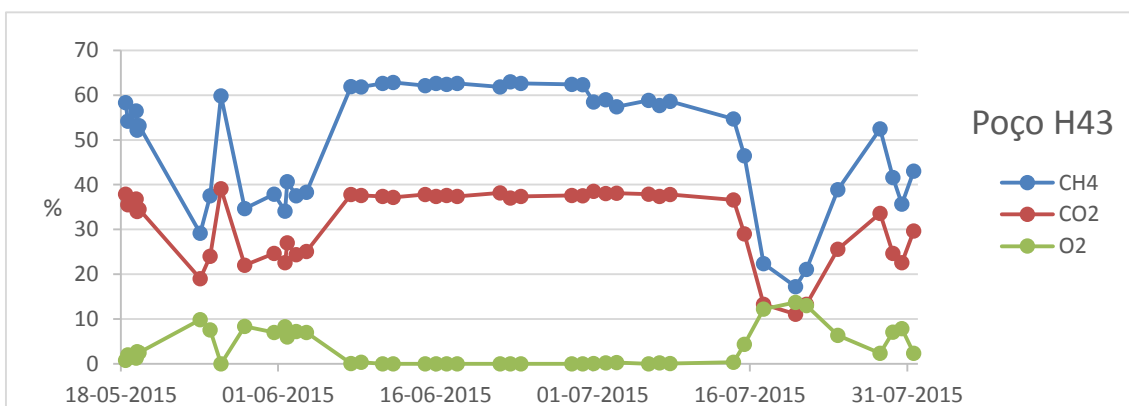
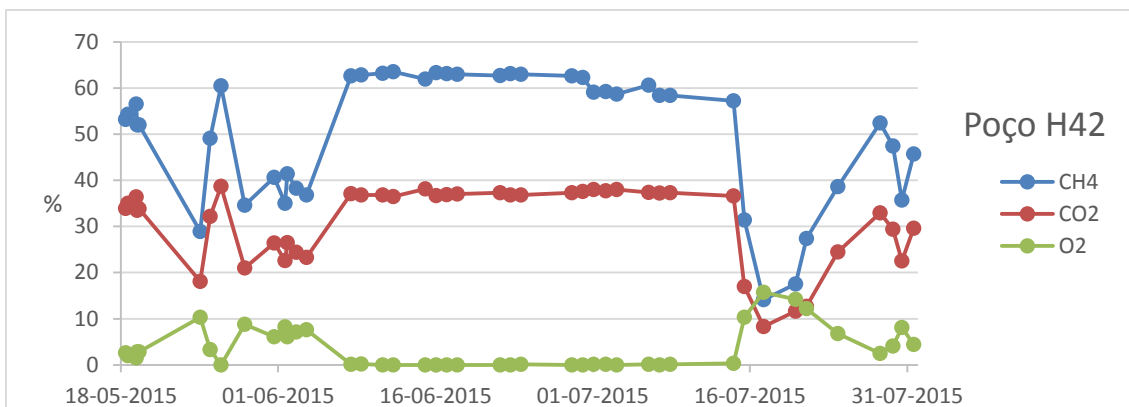


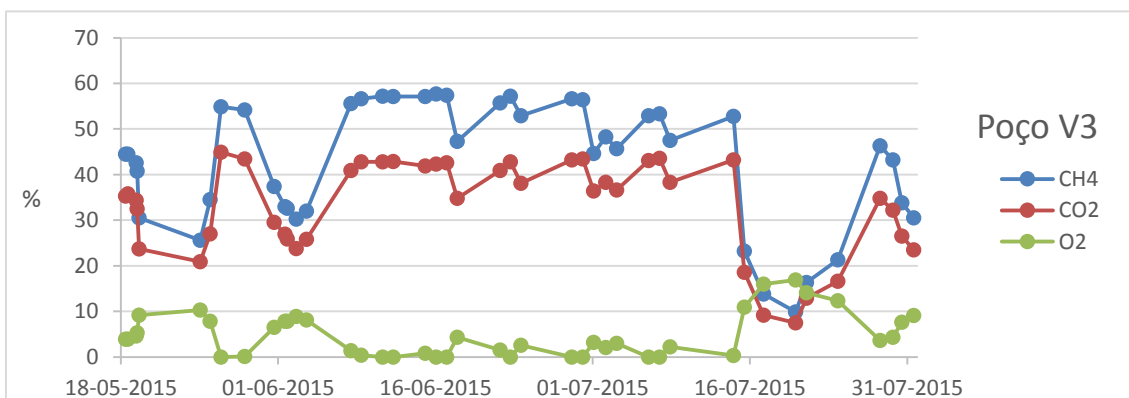
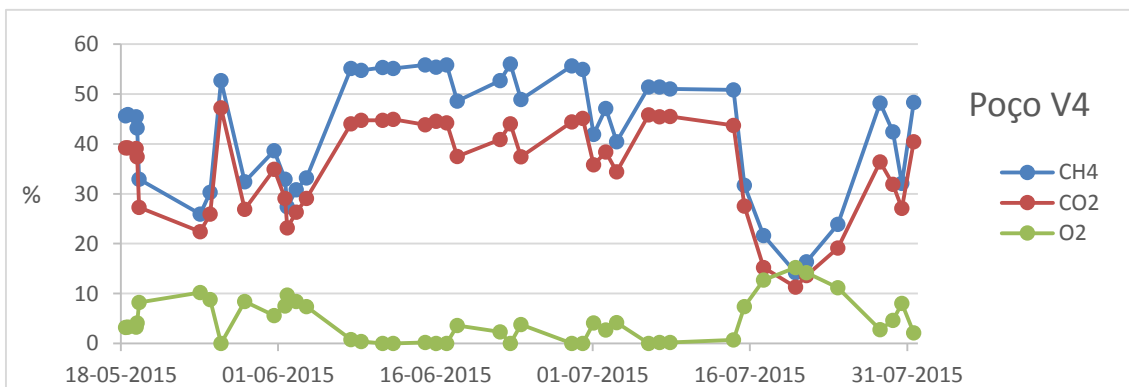
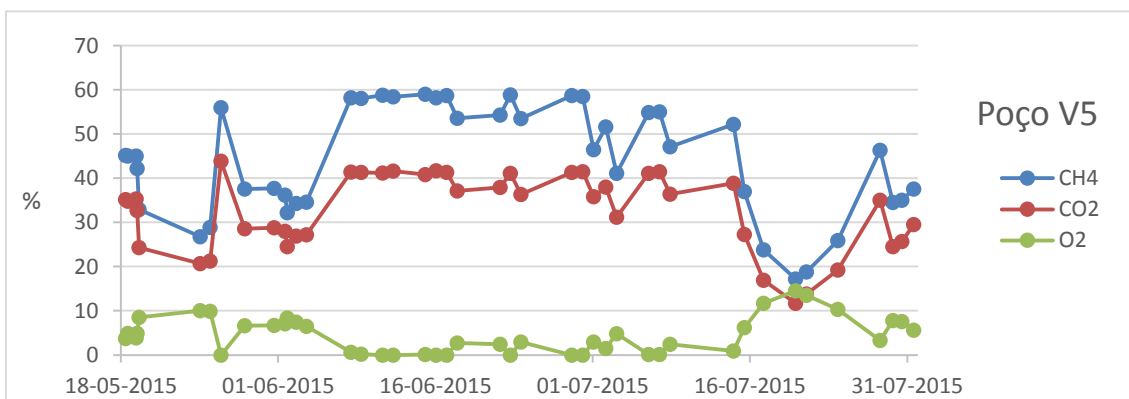
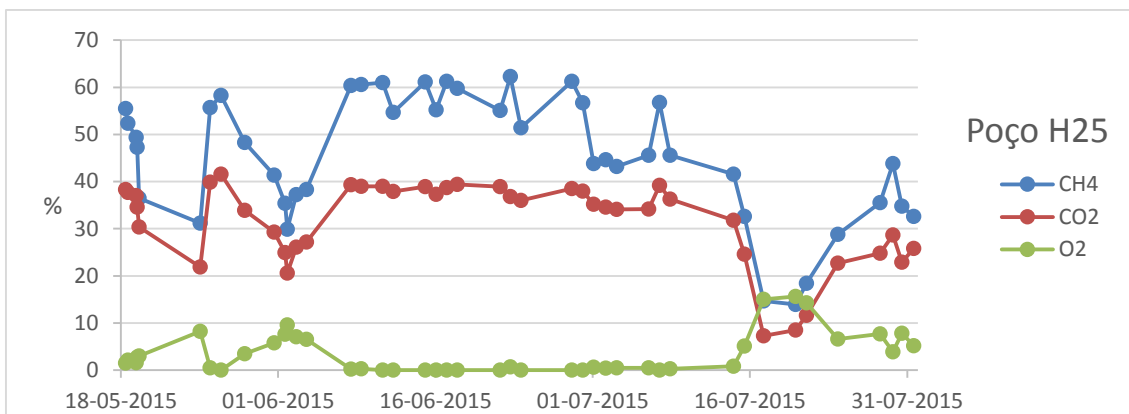


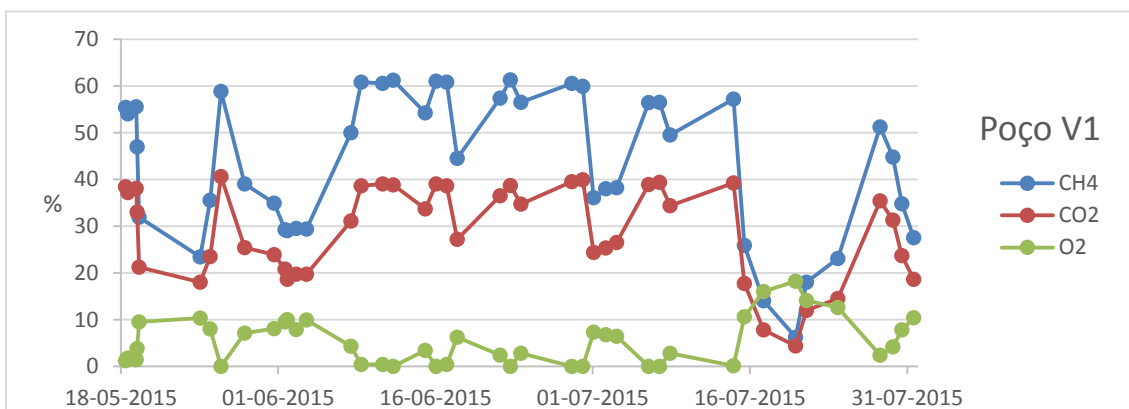
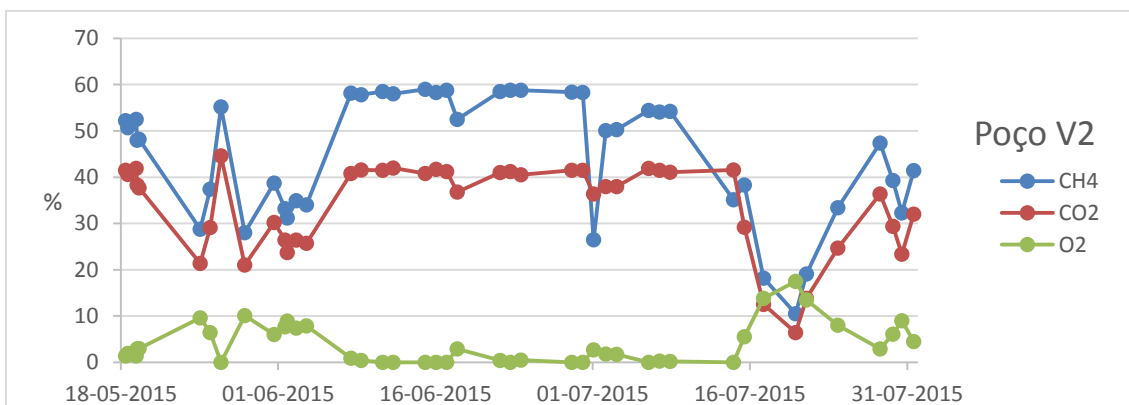
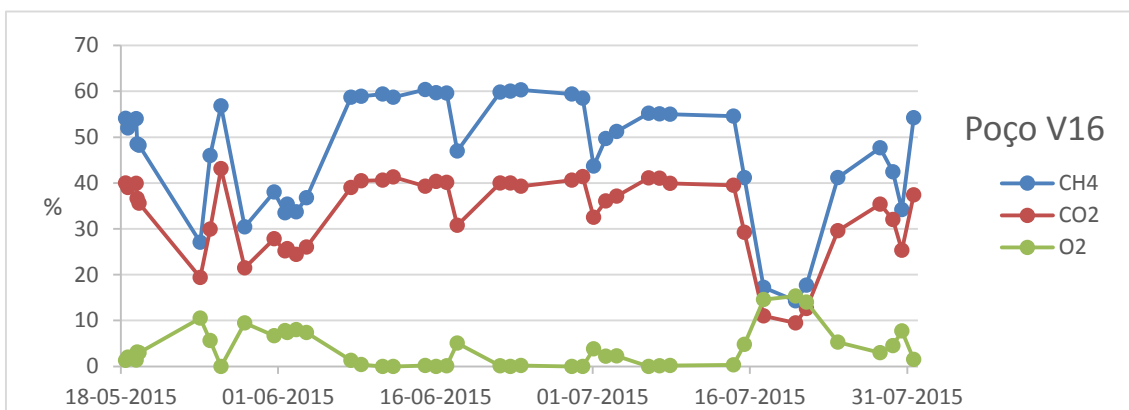
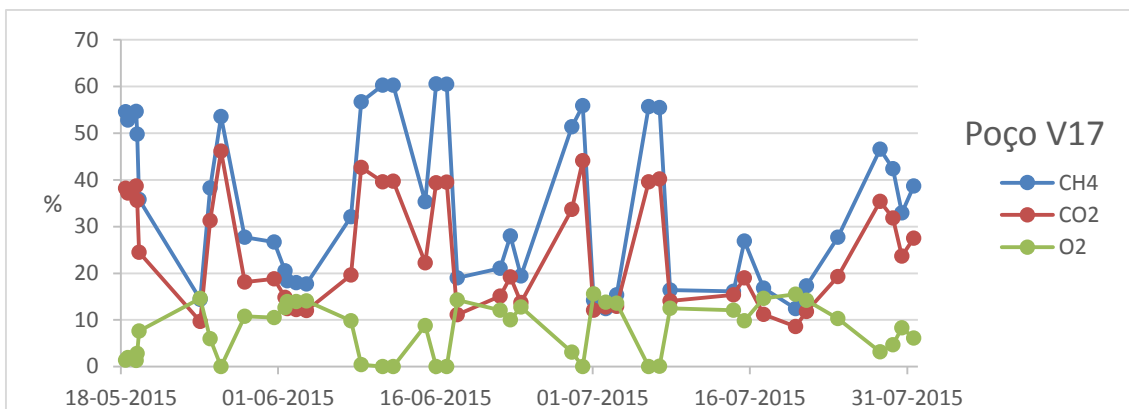




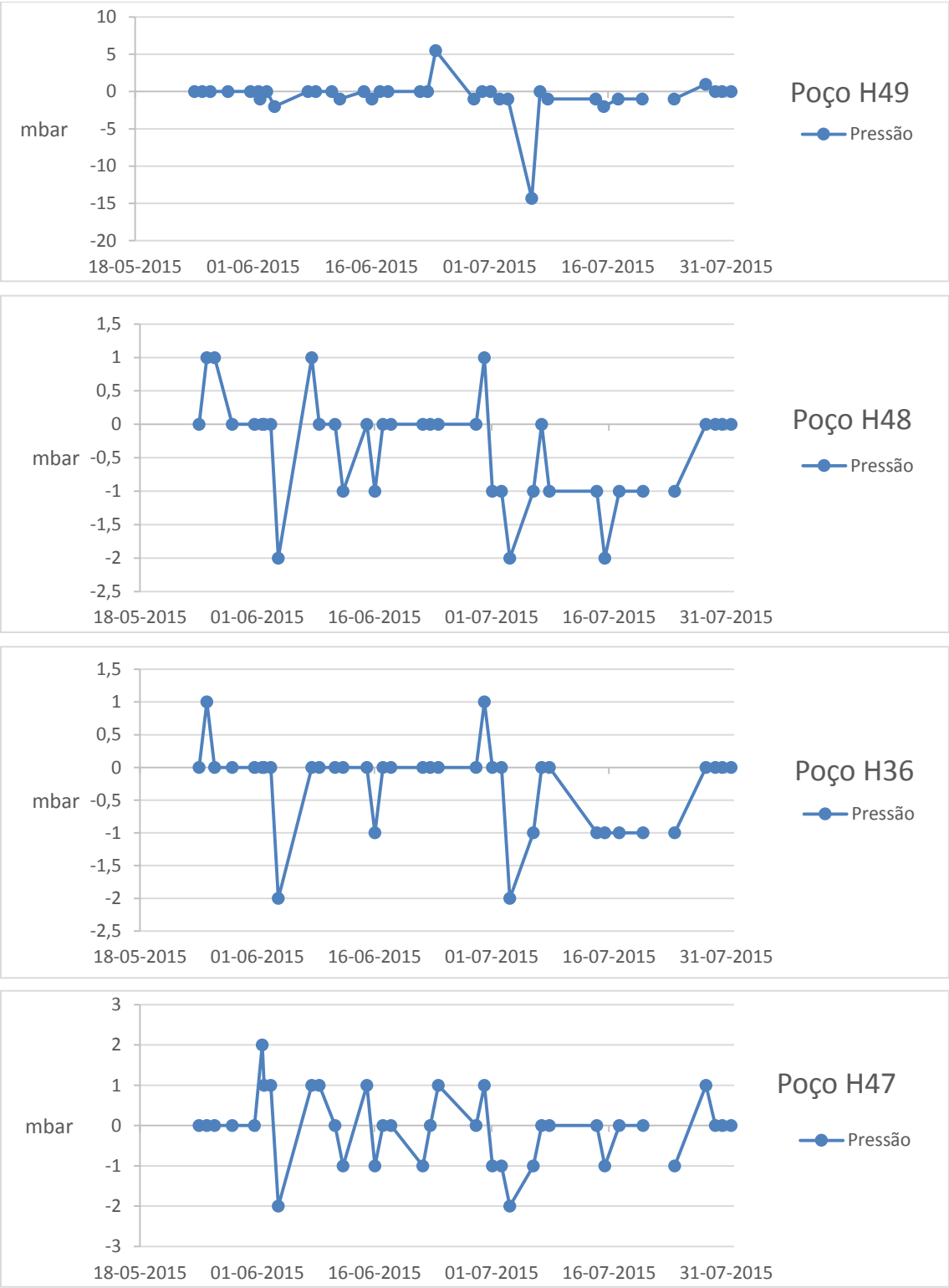


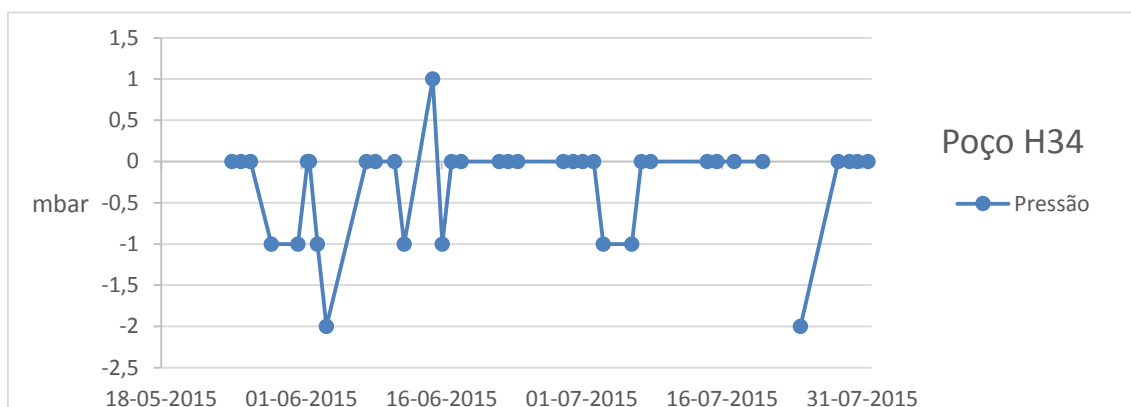
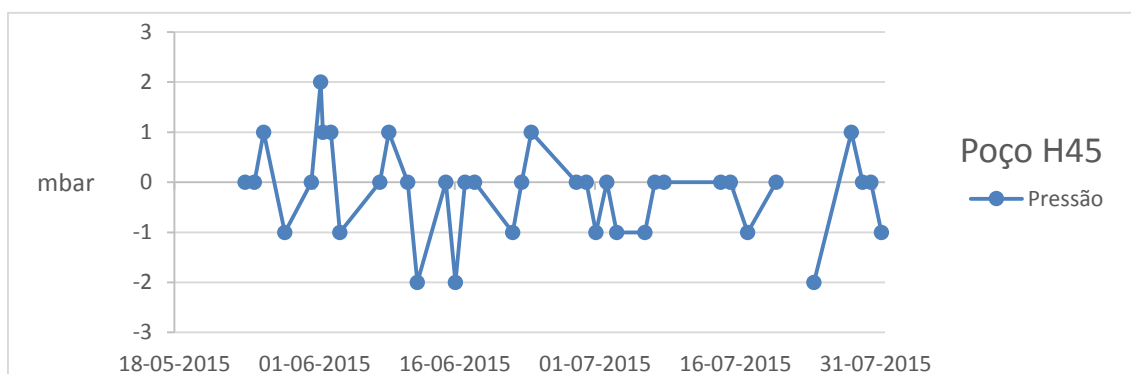
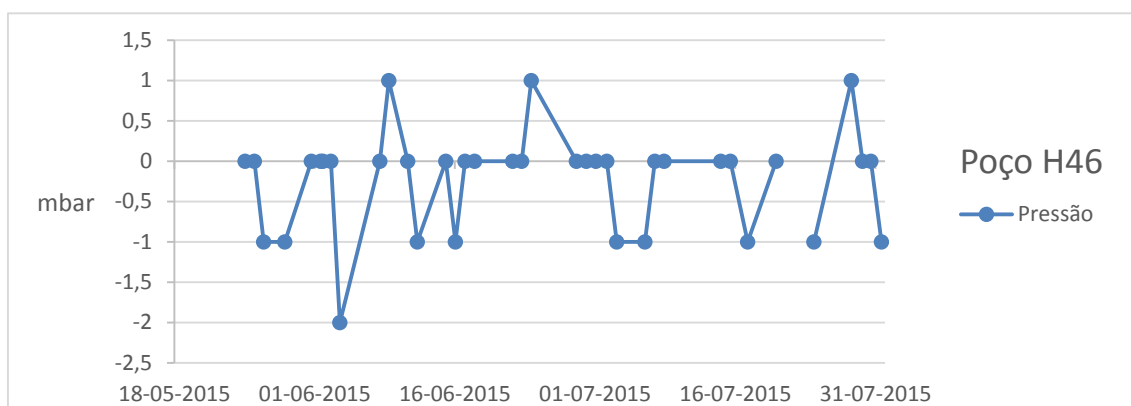
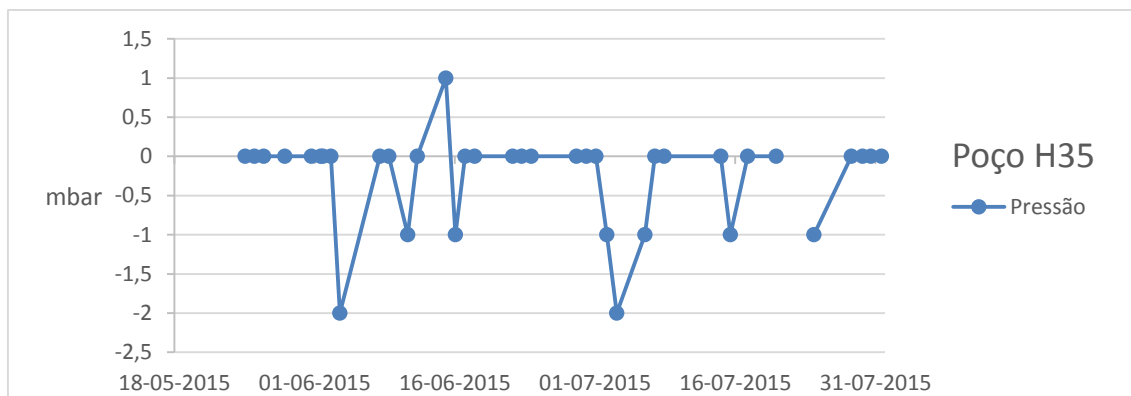


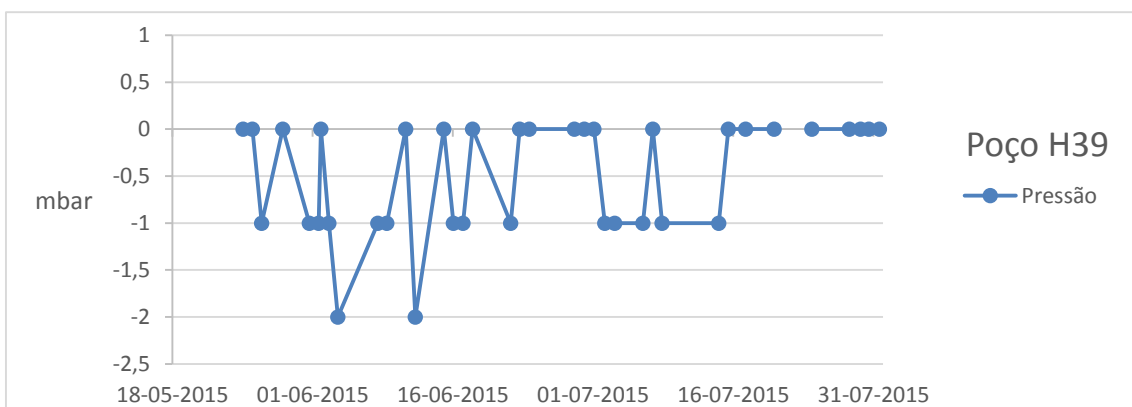
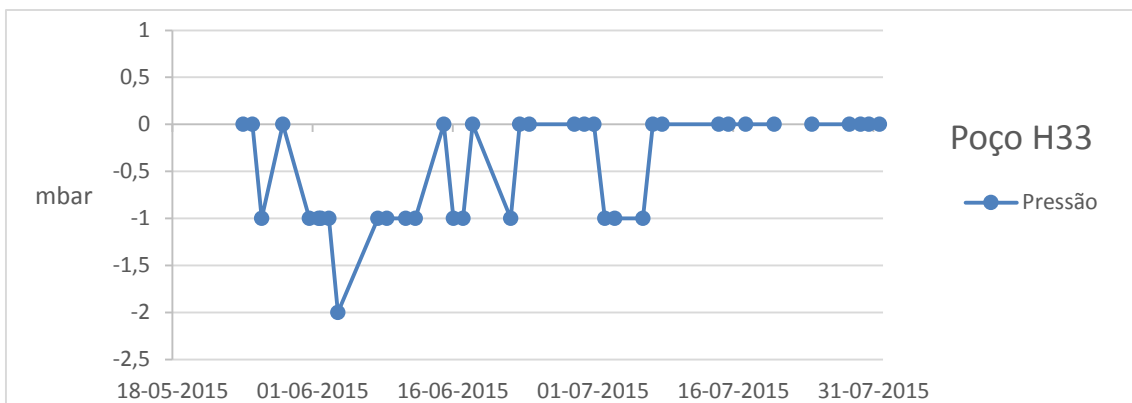
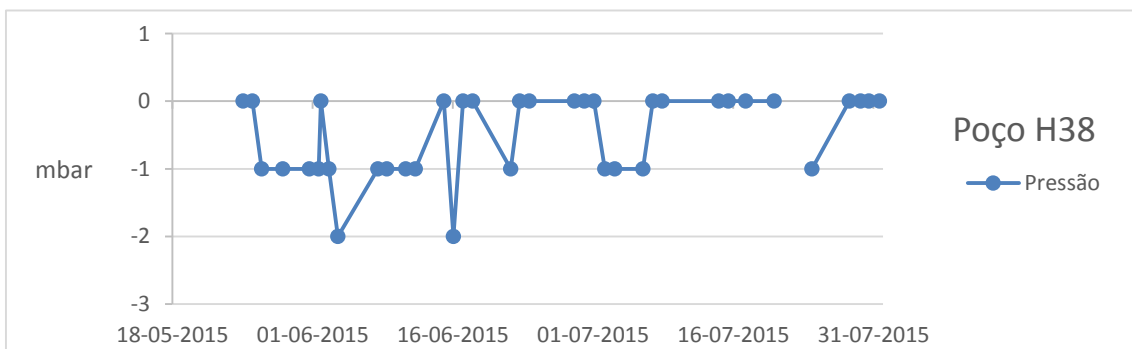
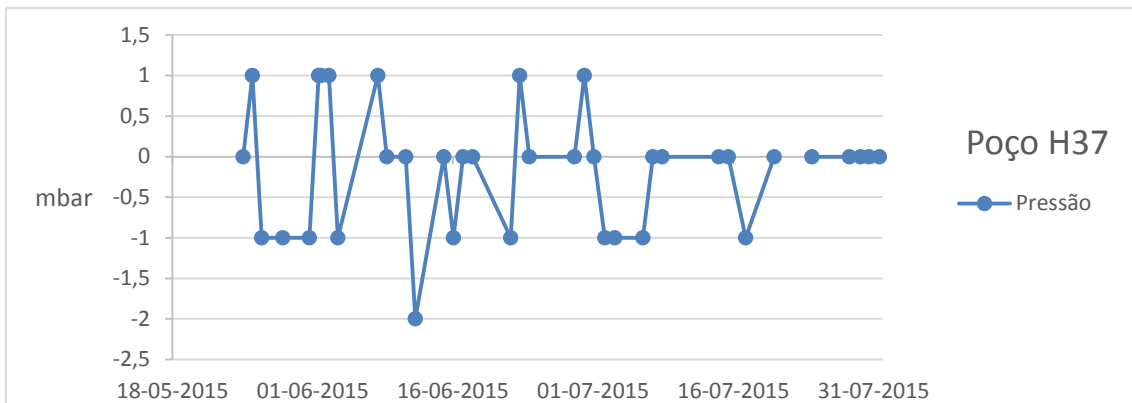


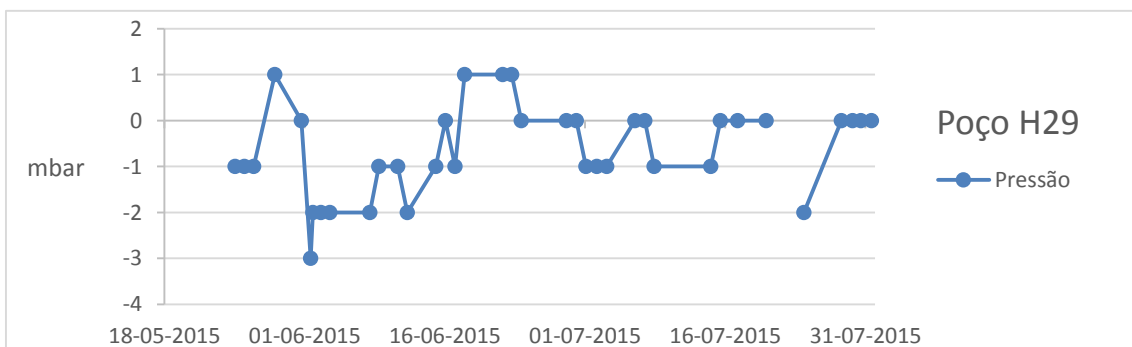
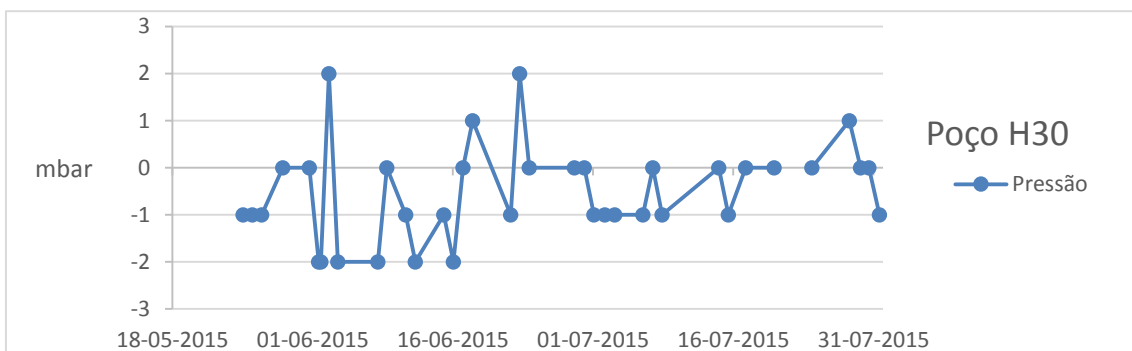
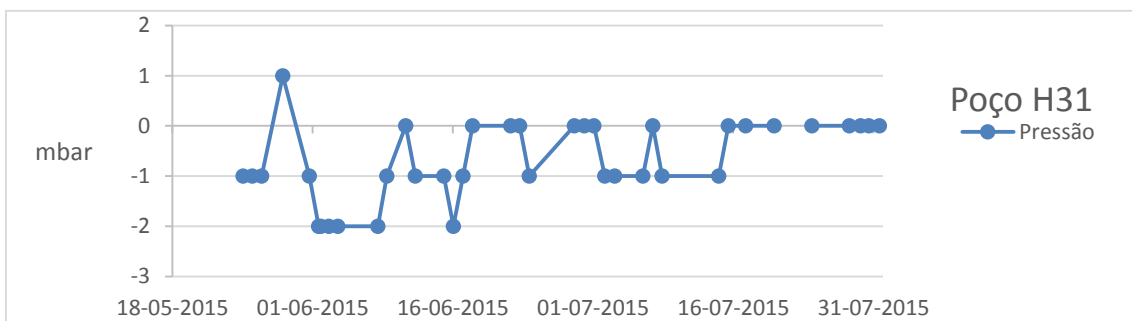
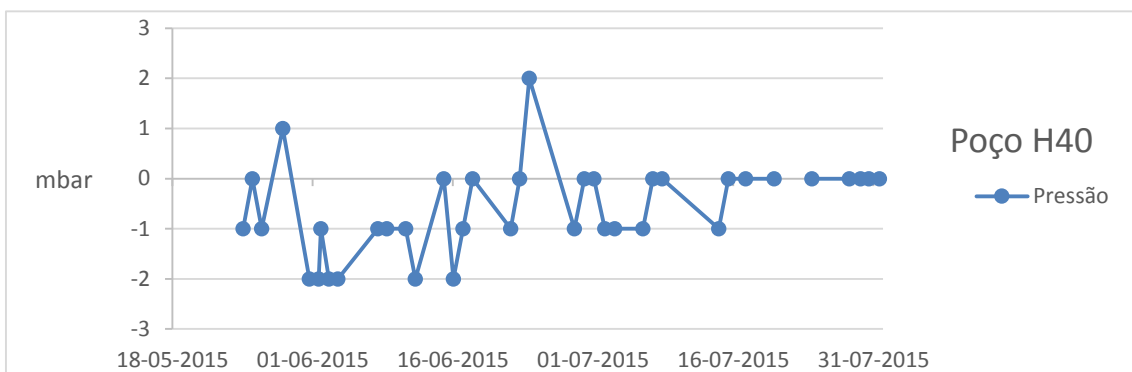
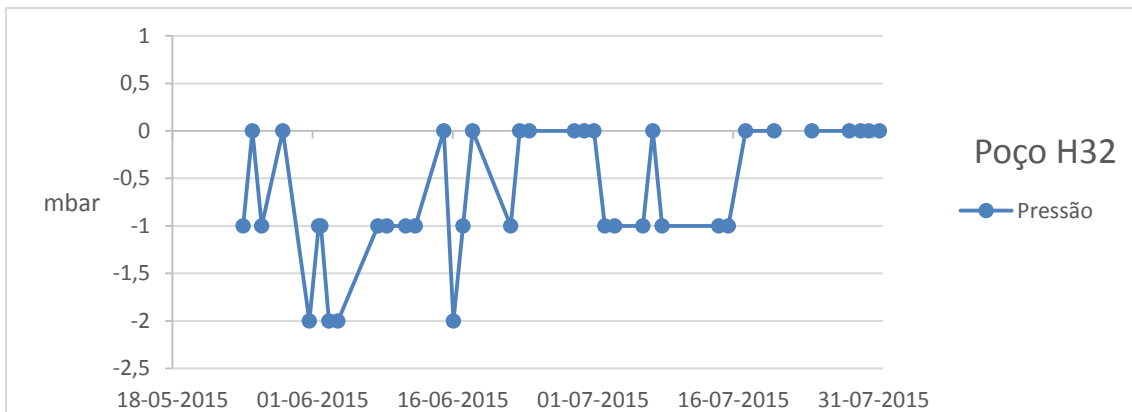


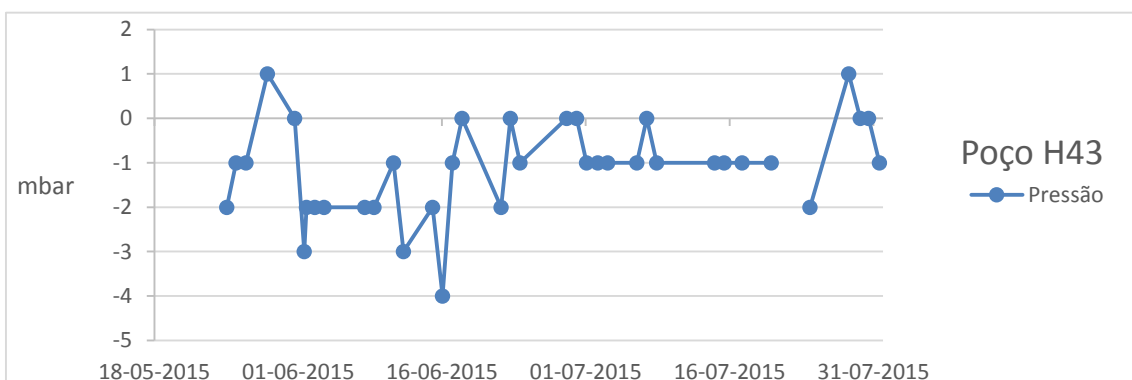
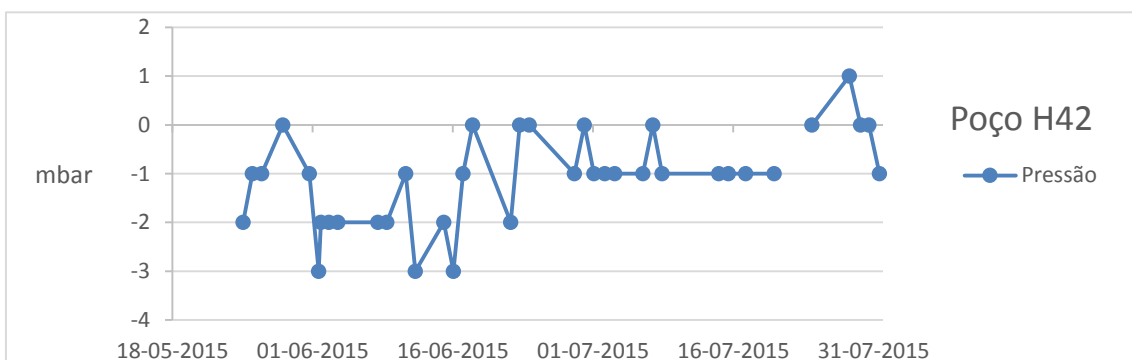
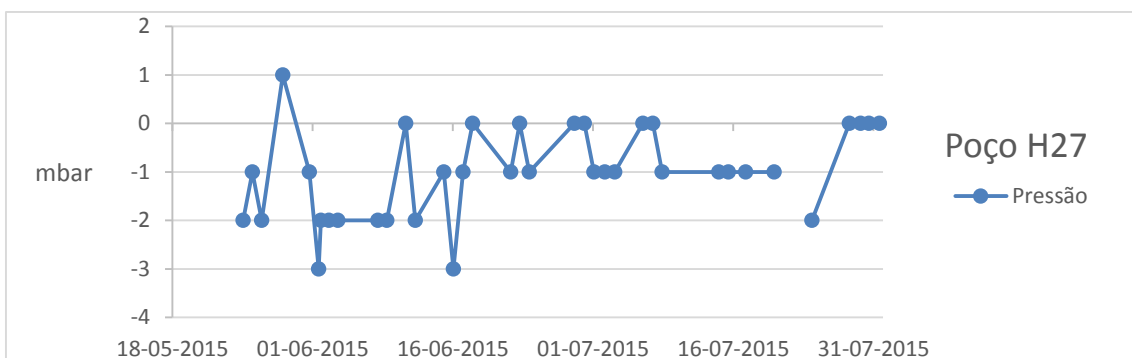
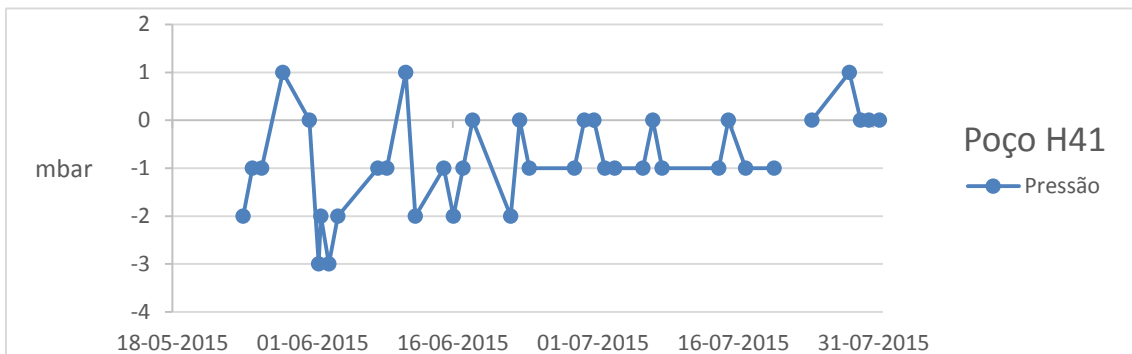
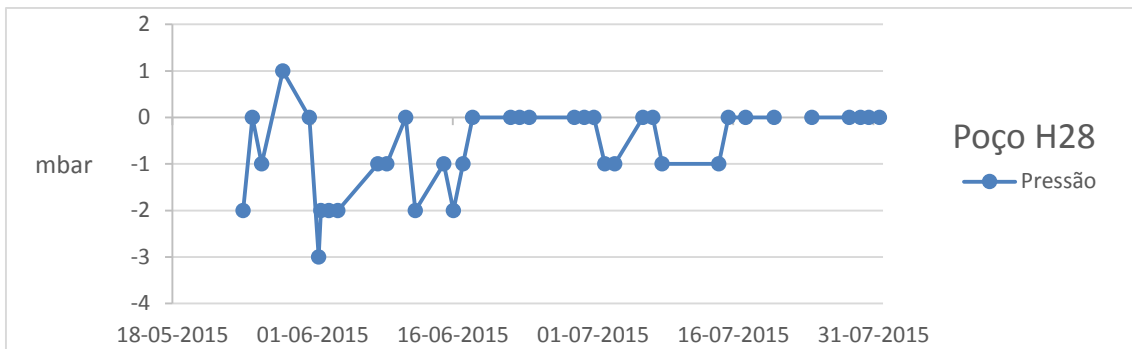
2. Monitorização Contínua da Pressão dos Drenos Horizontais e Verticais

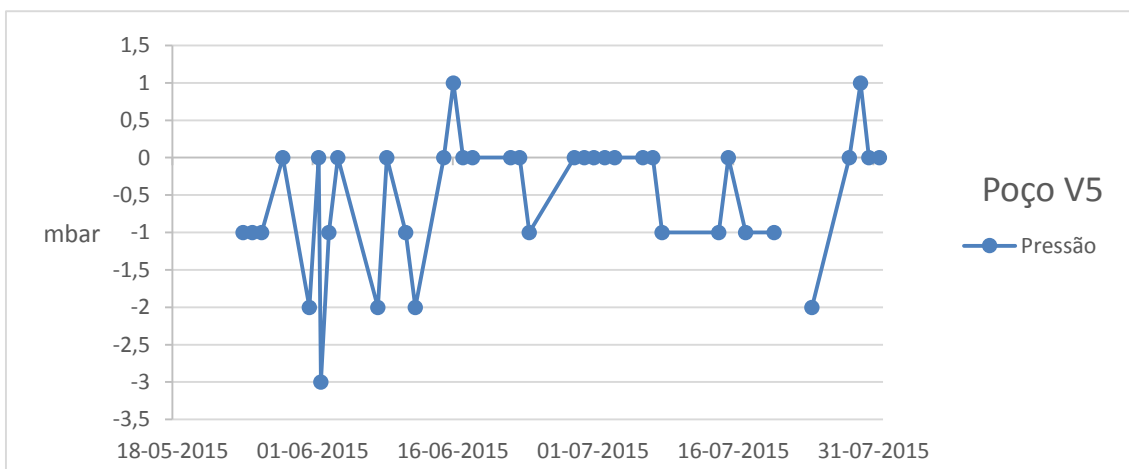
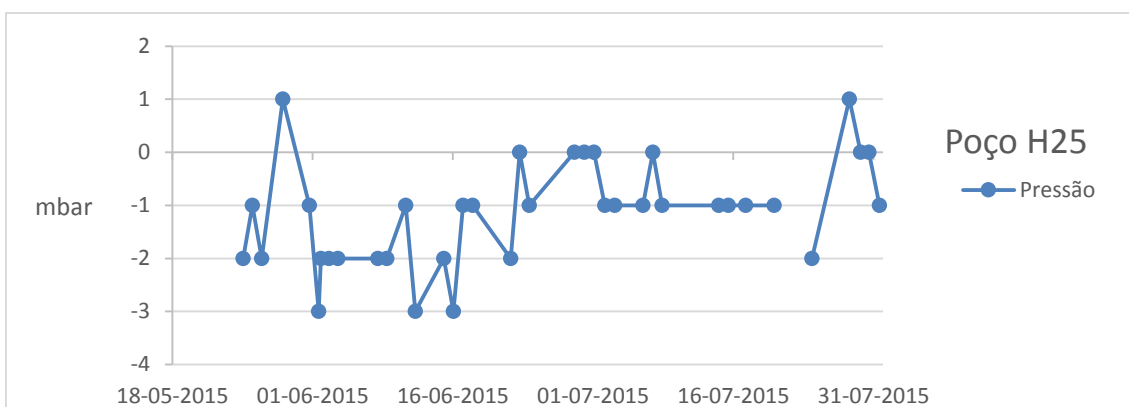
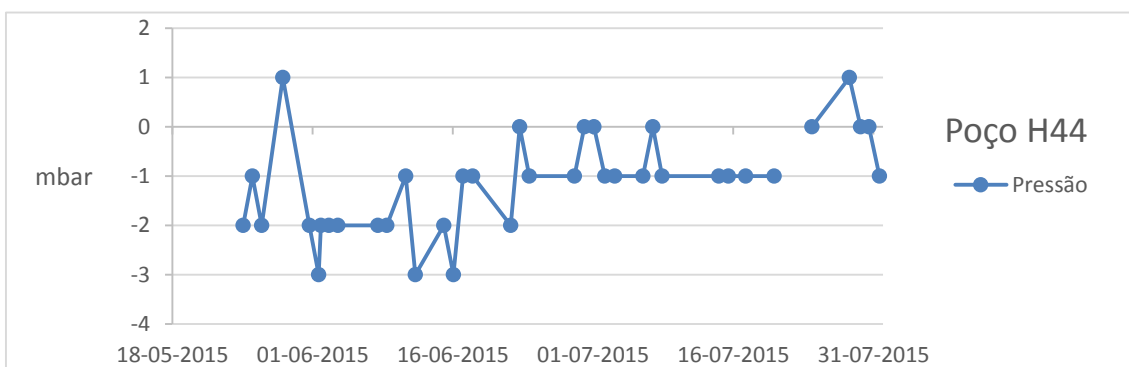
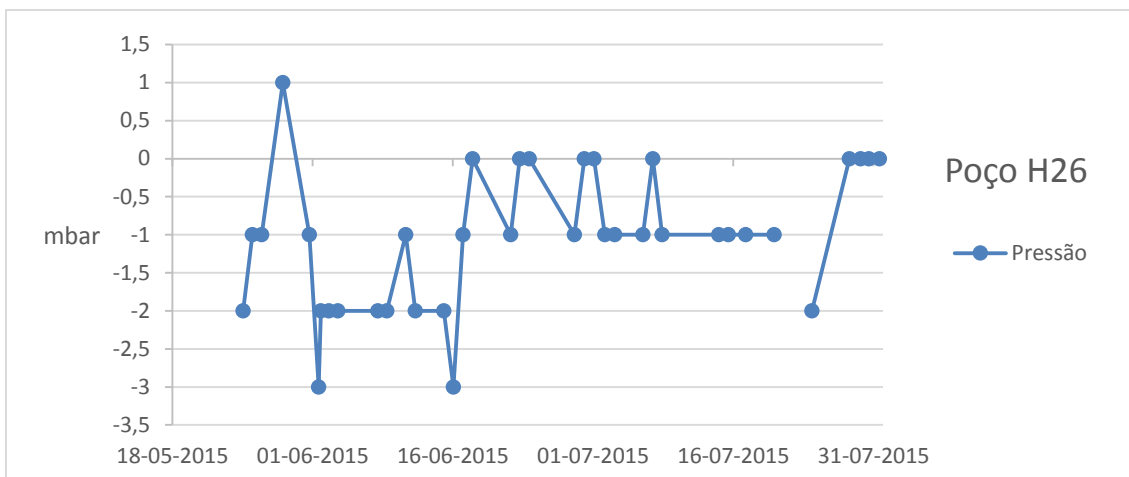


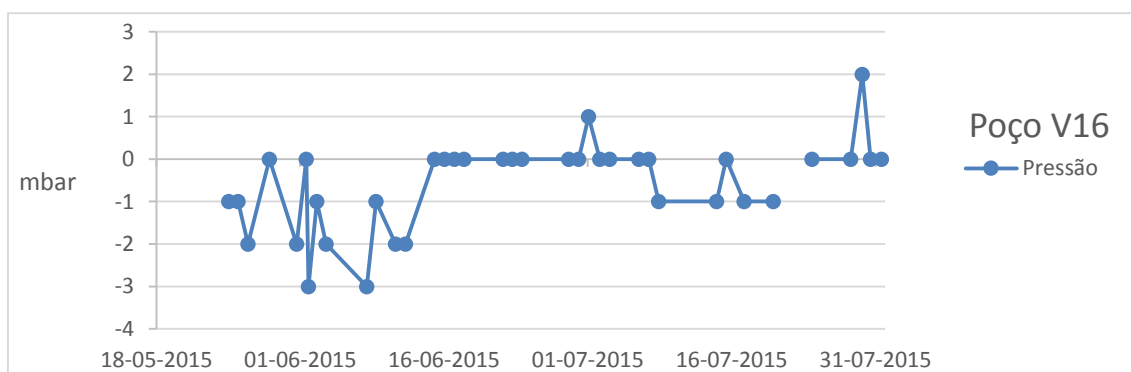
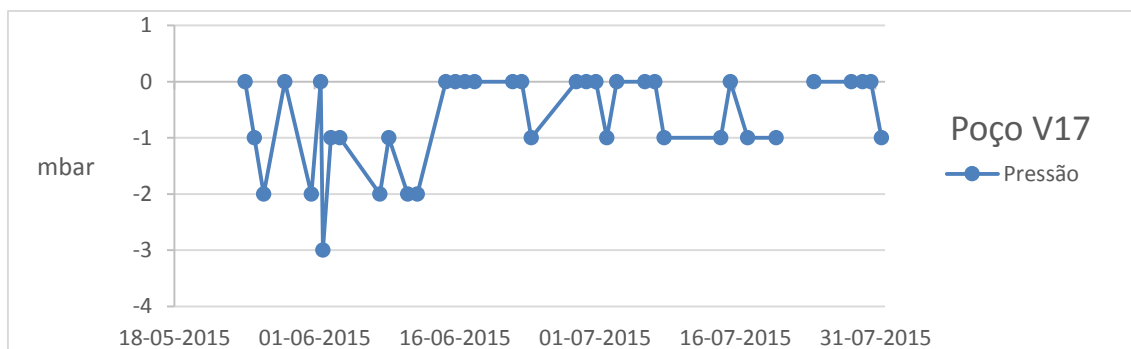
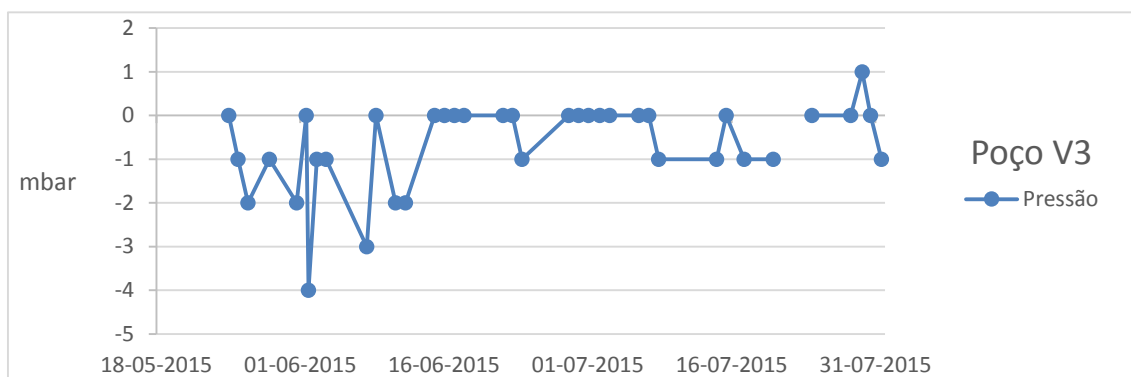
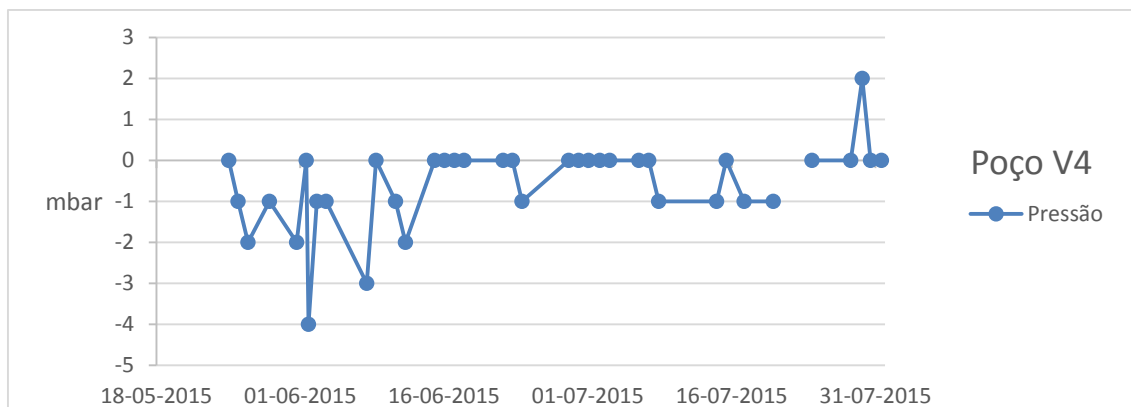


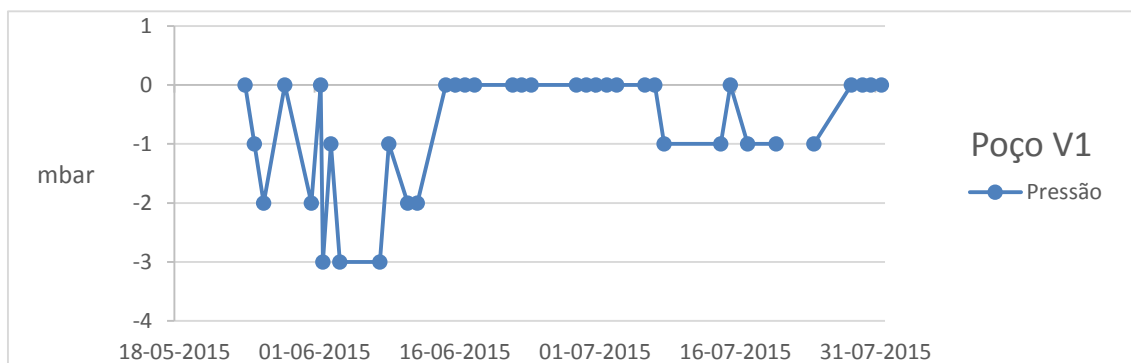
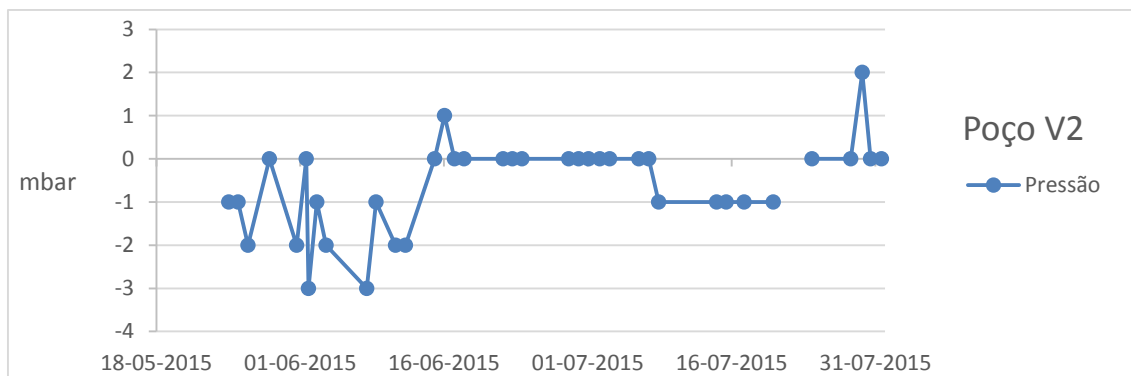




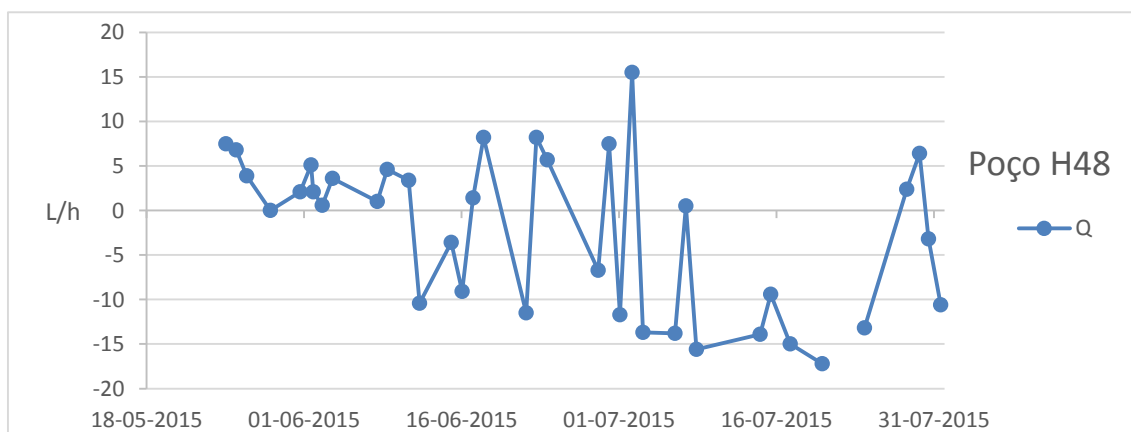
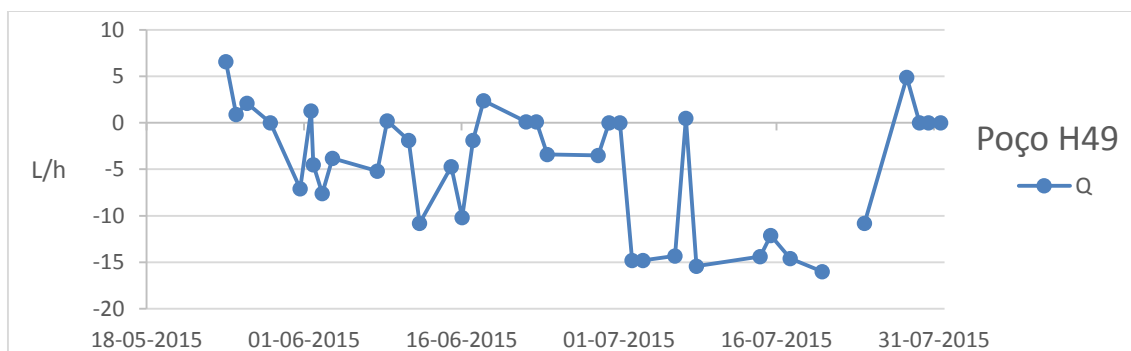


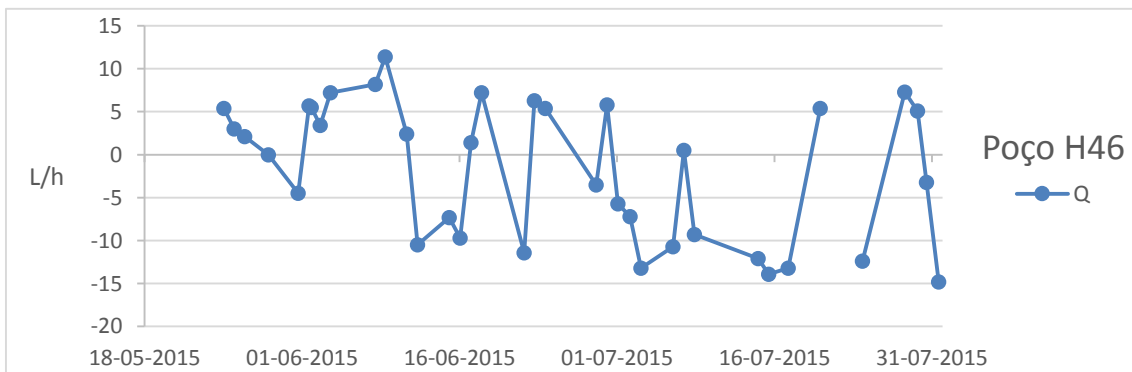
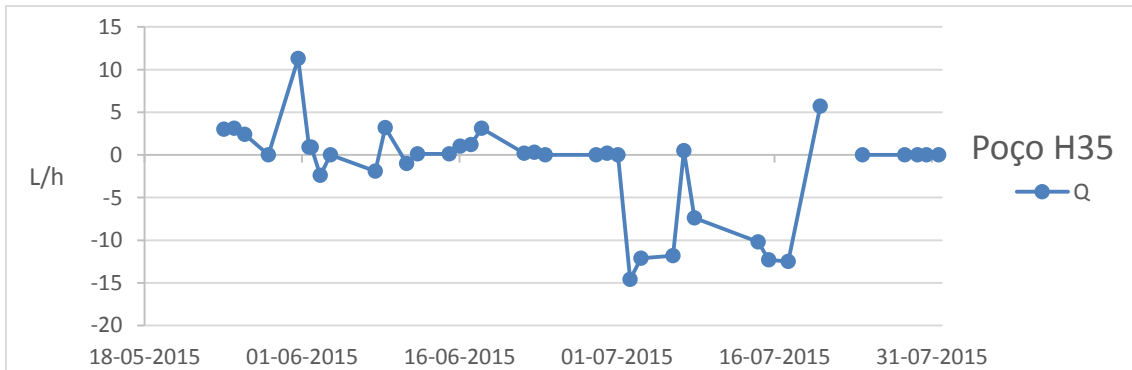
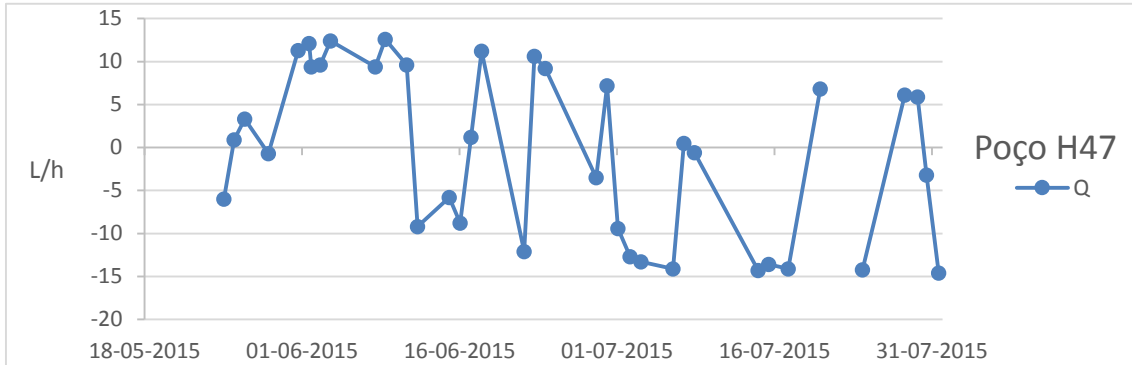
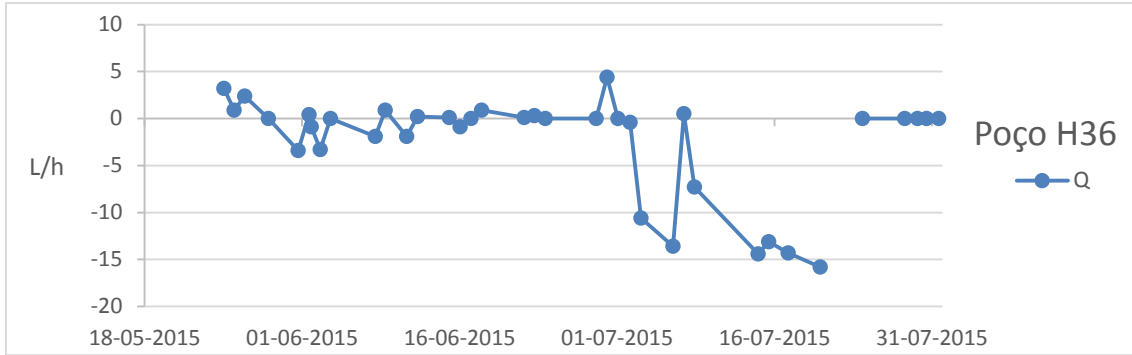


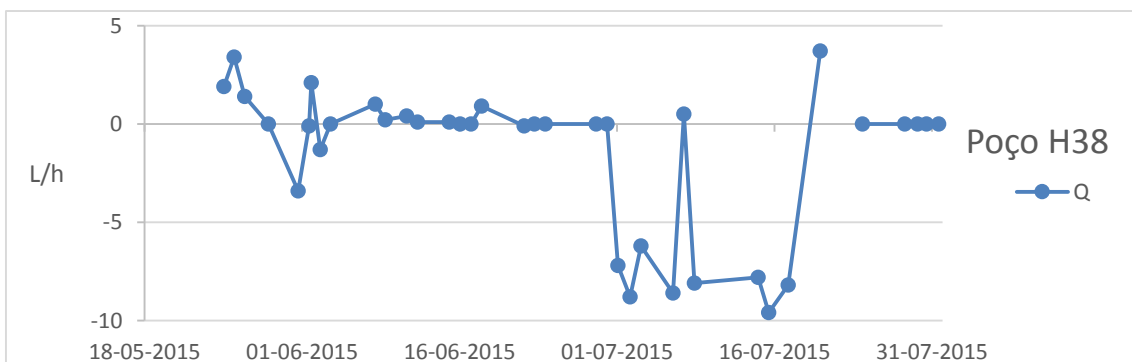
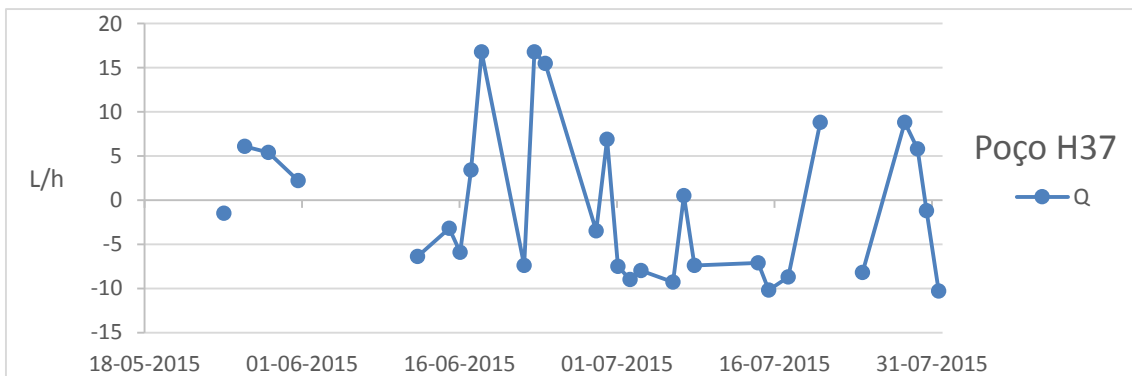
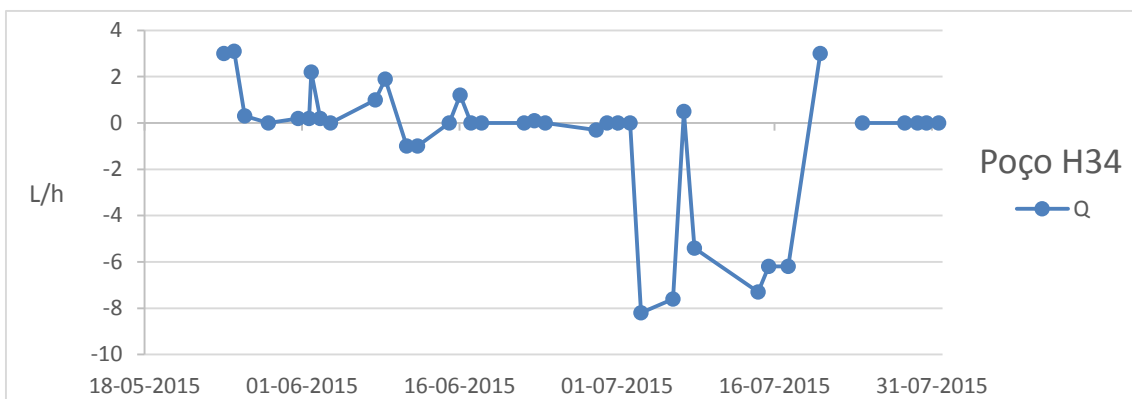
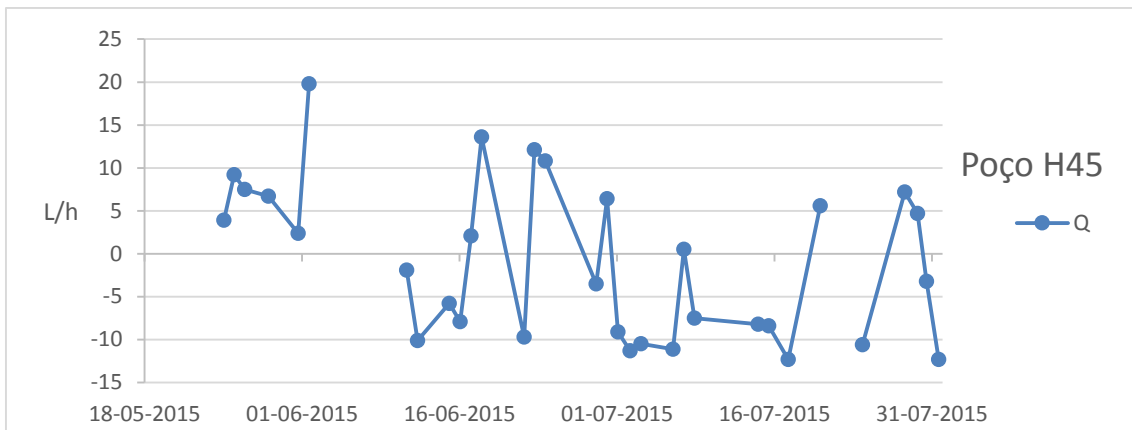


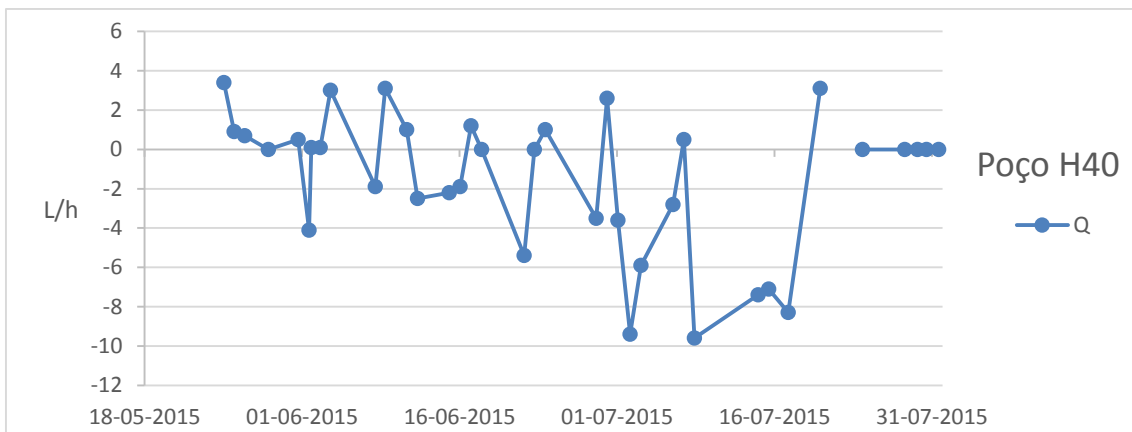
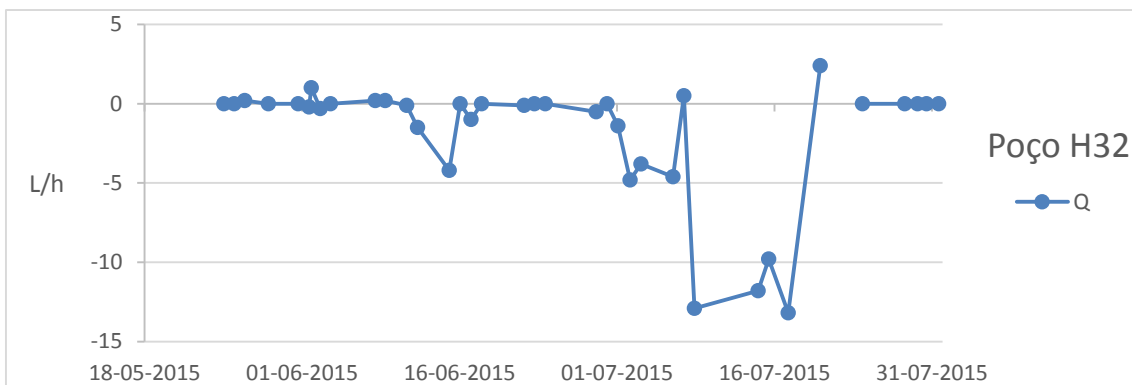
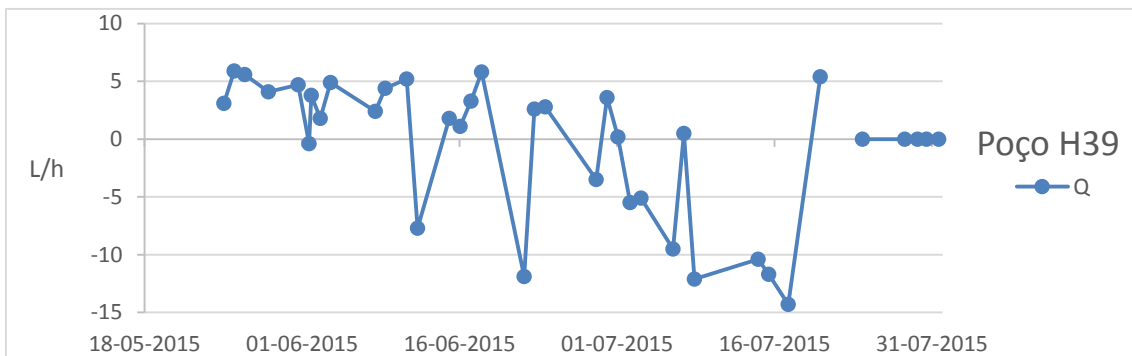
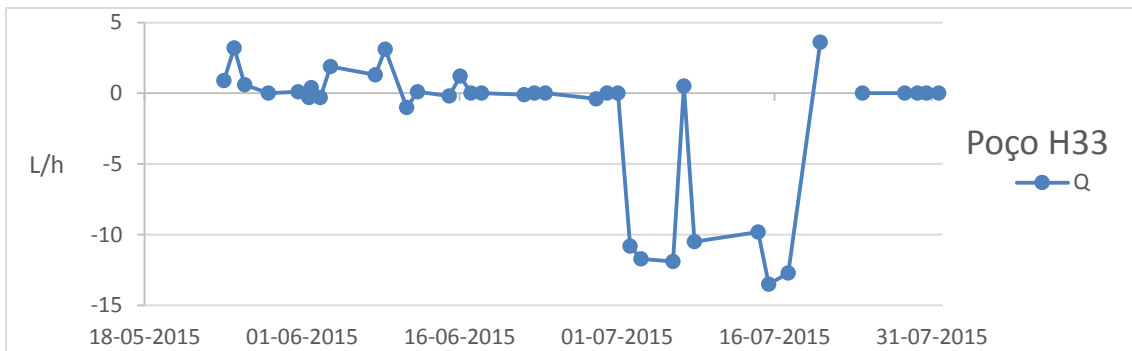


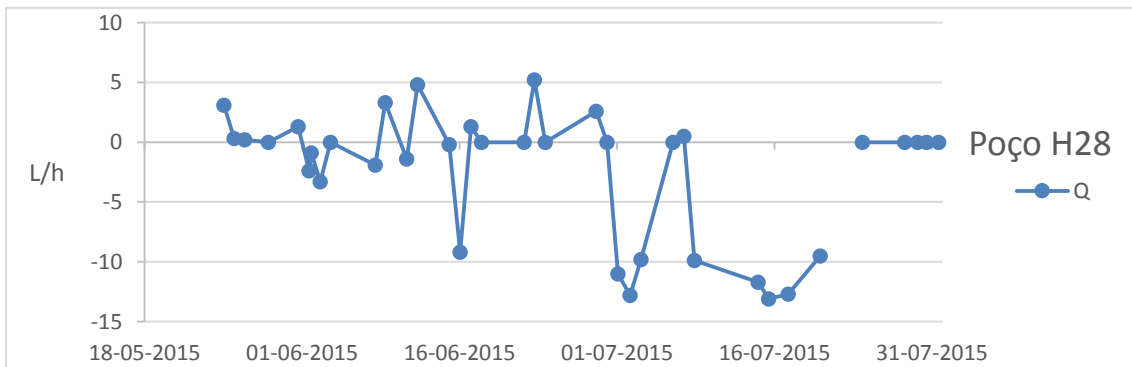
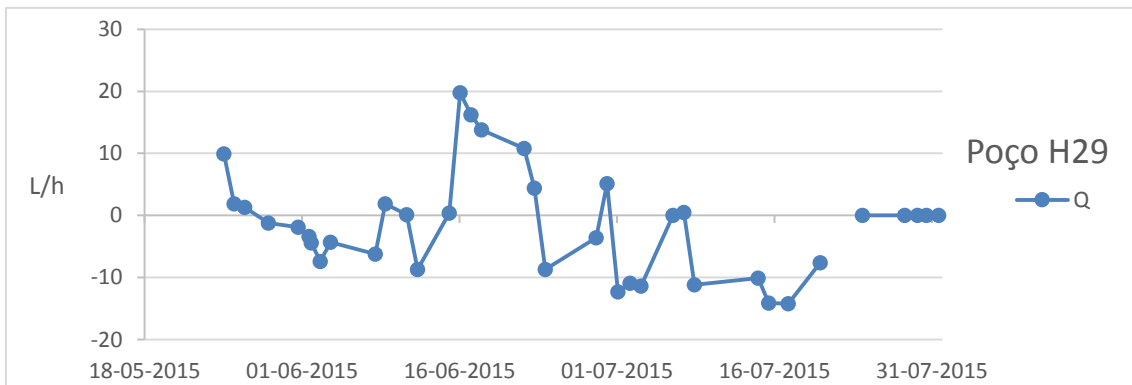
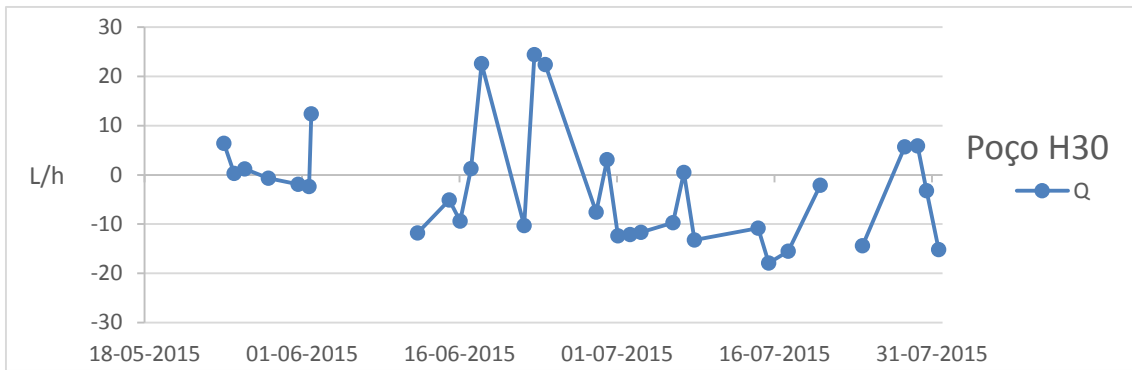
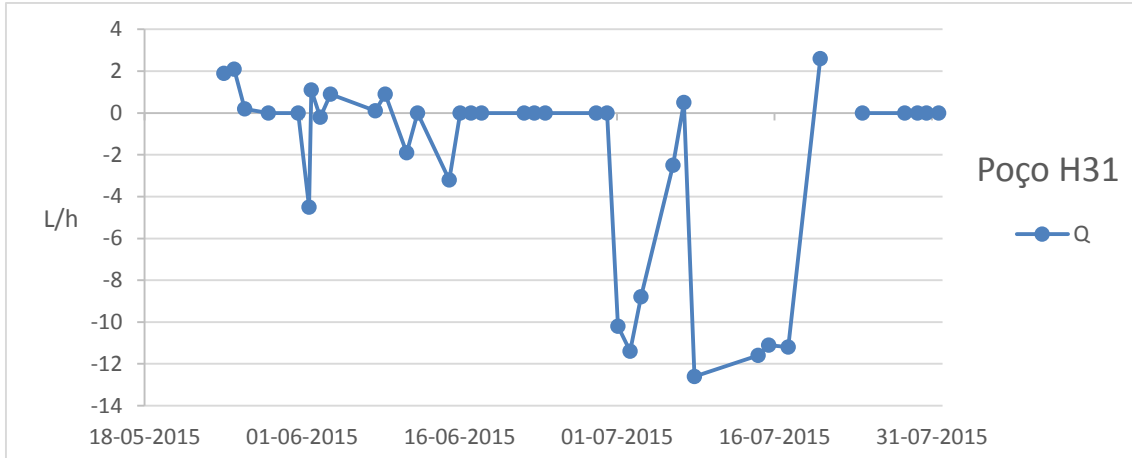
3. Monitorização Contínua do Caudal dos Drenos Horizontais e Verticais

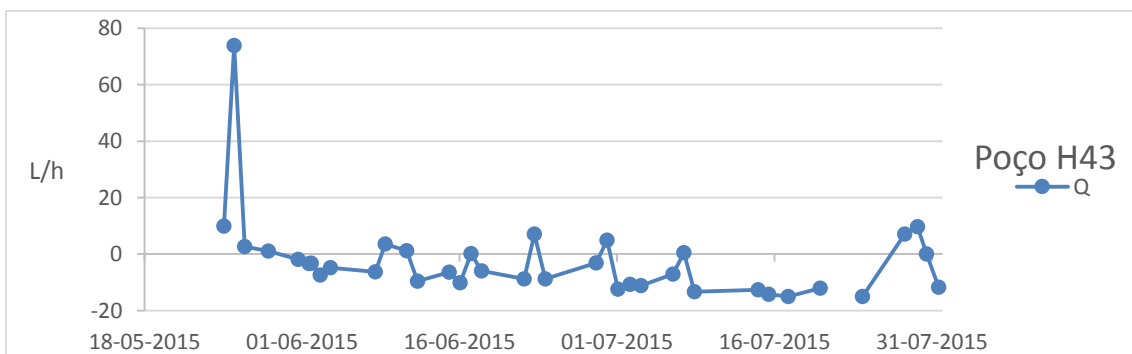
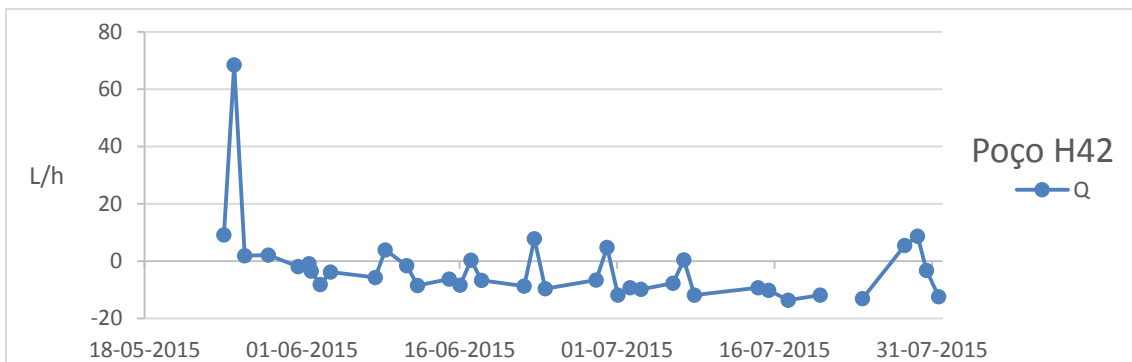
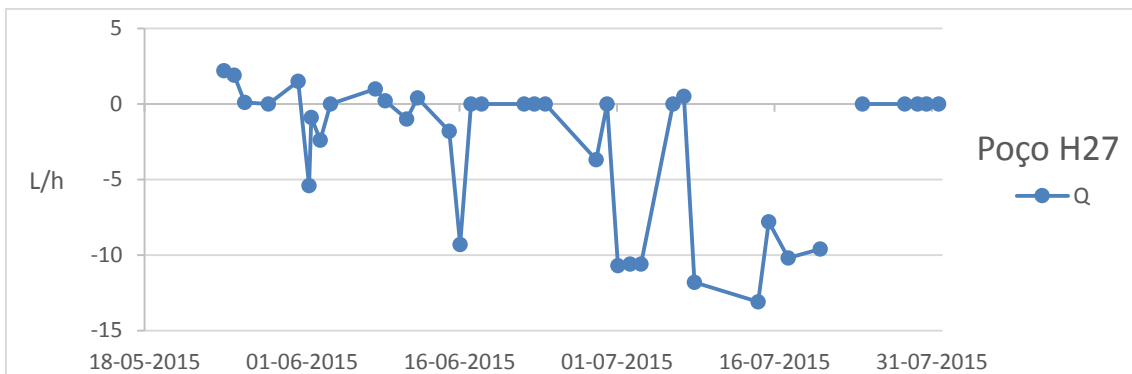
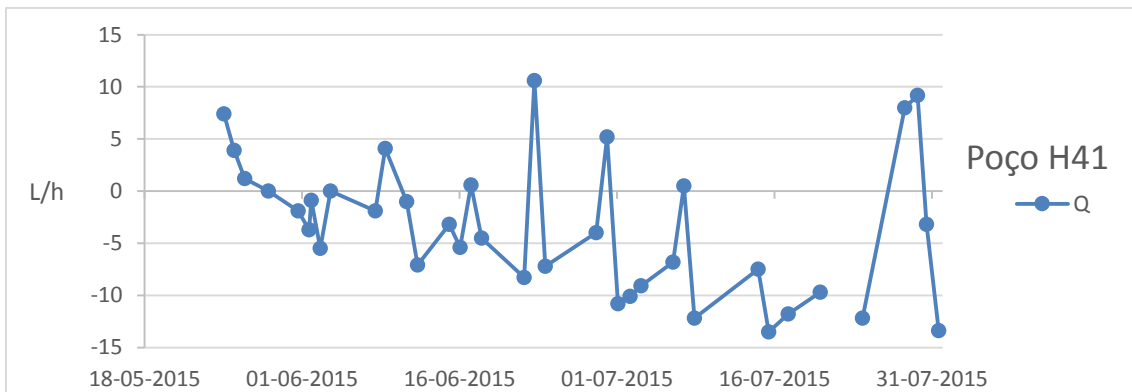


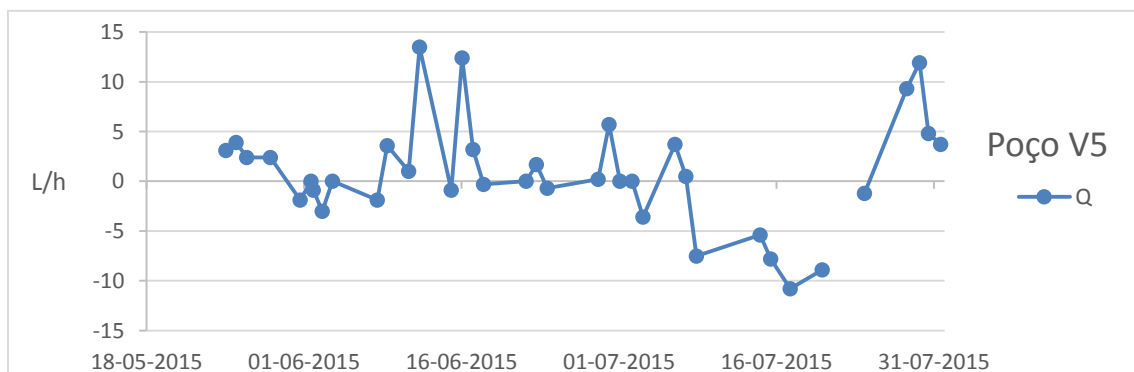
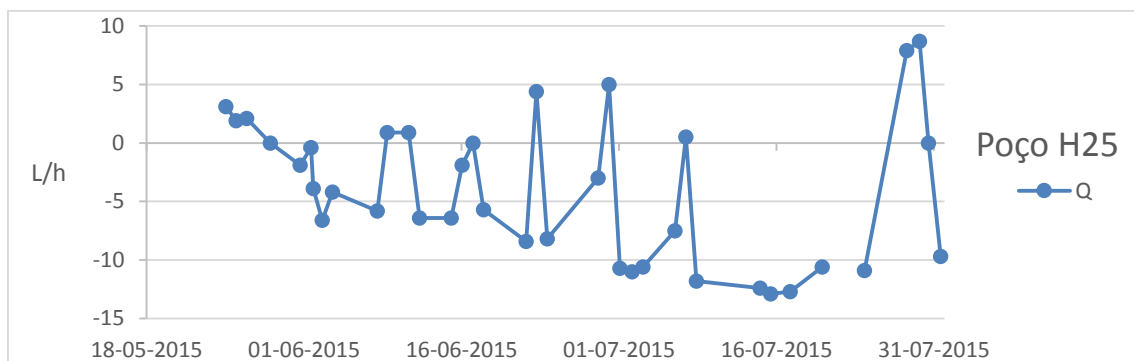
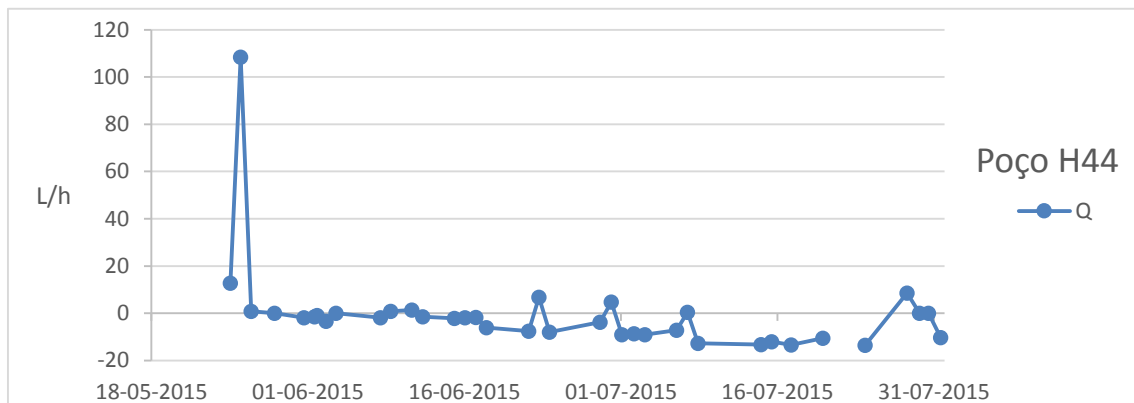
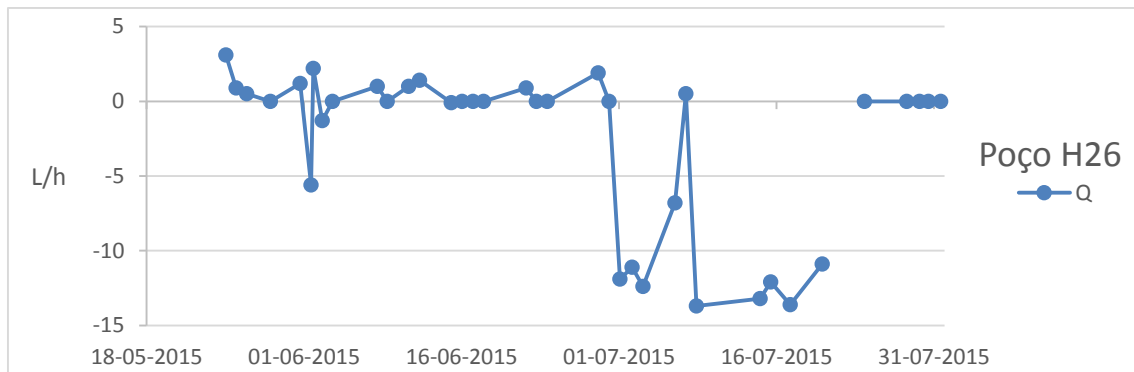


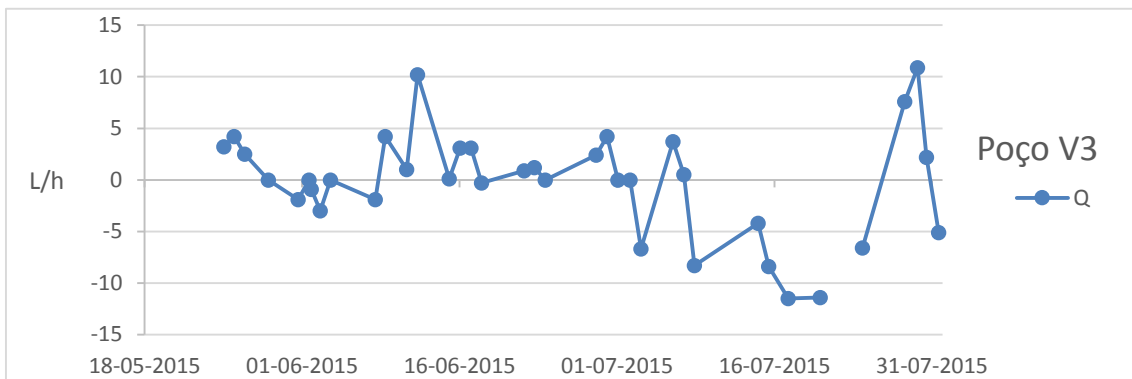
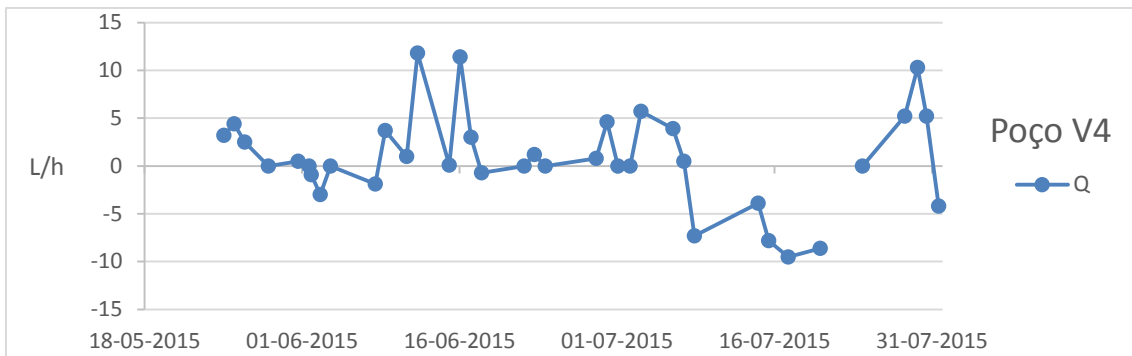


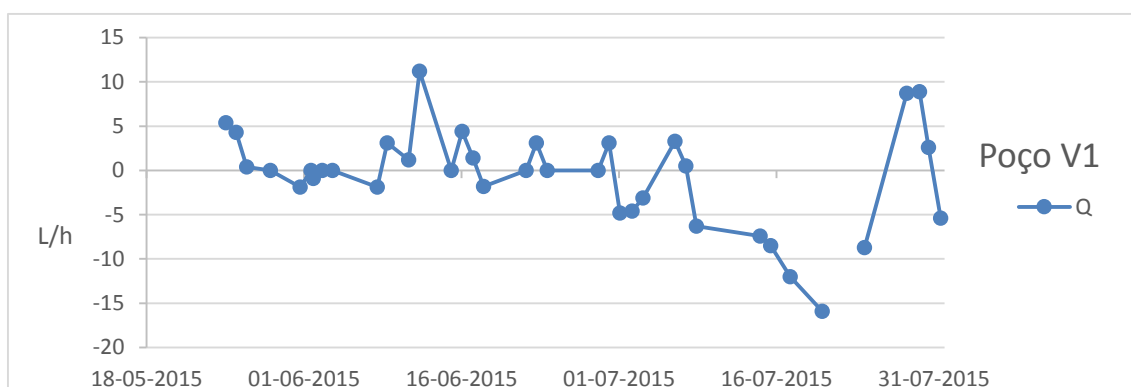
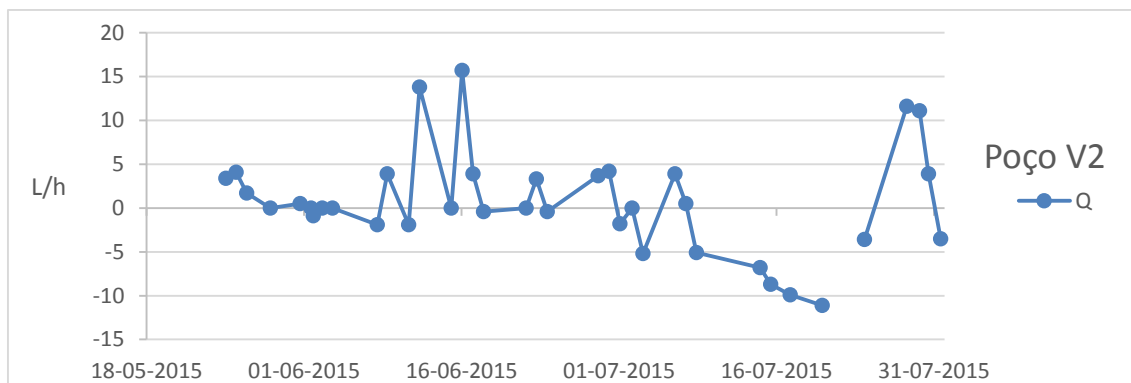




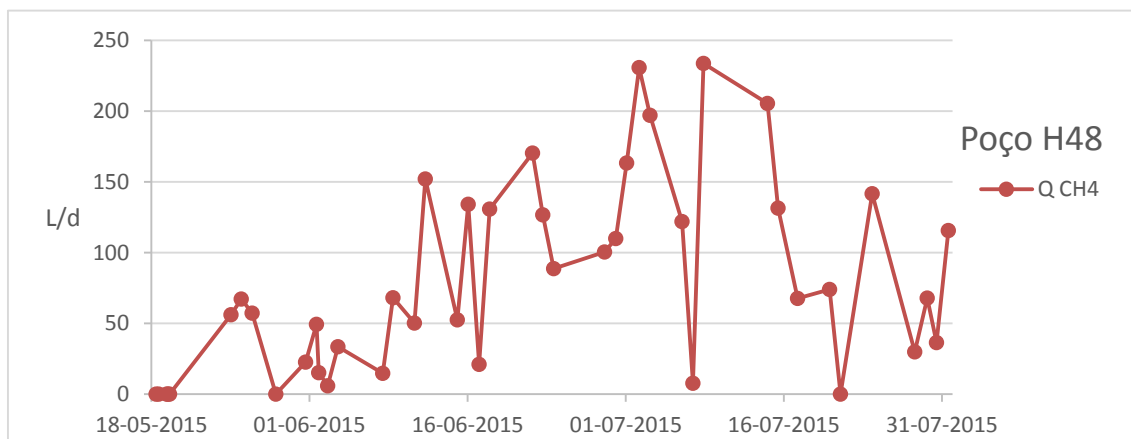
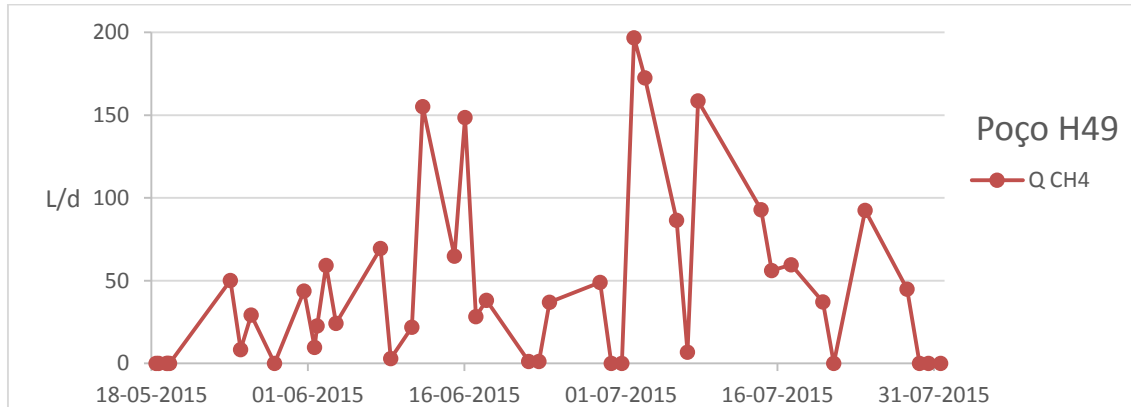


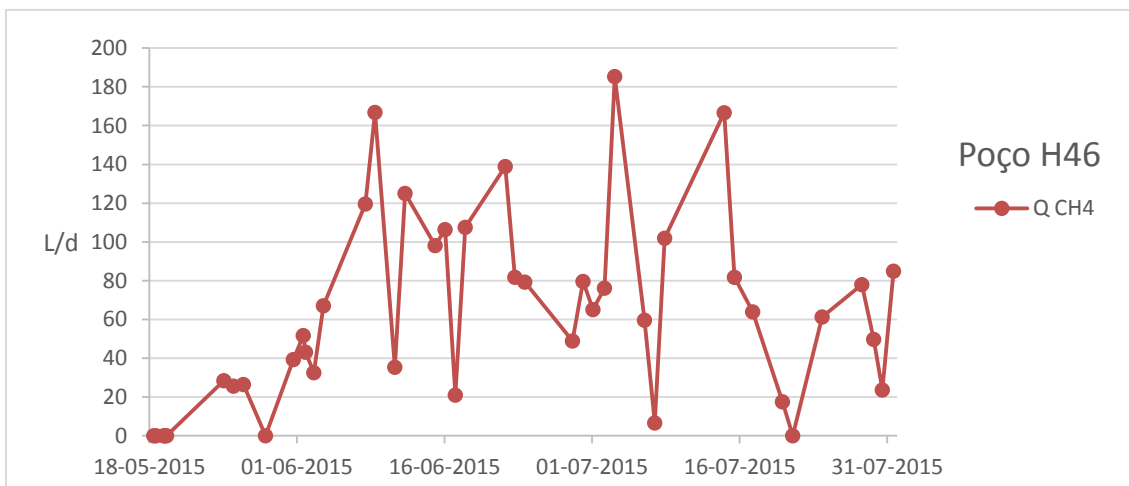
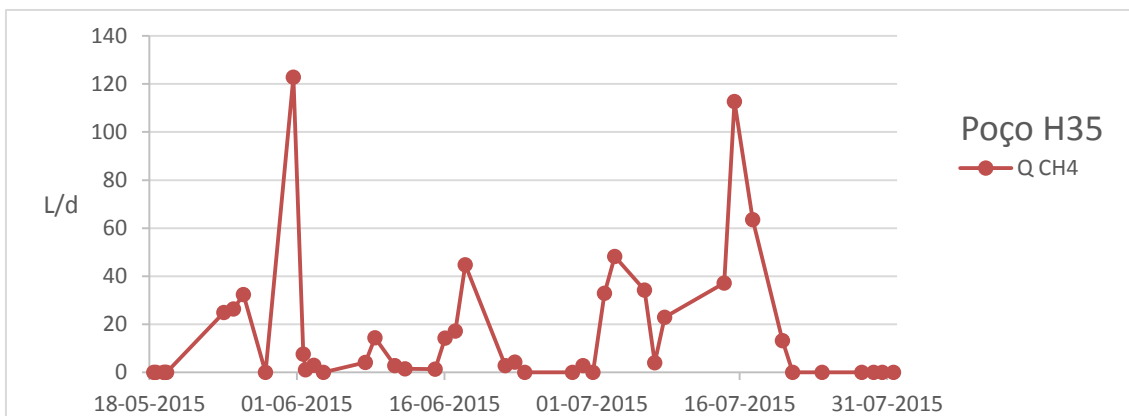
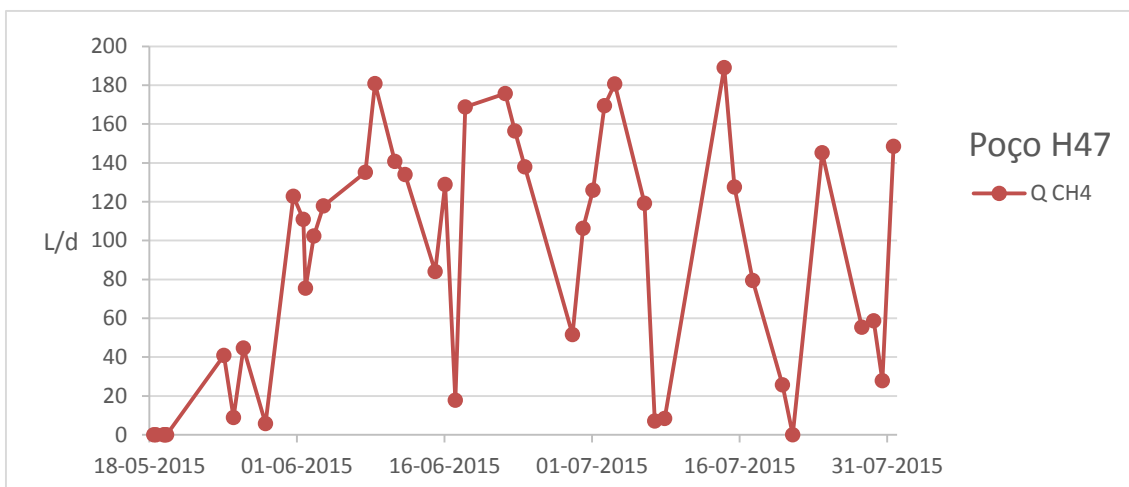
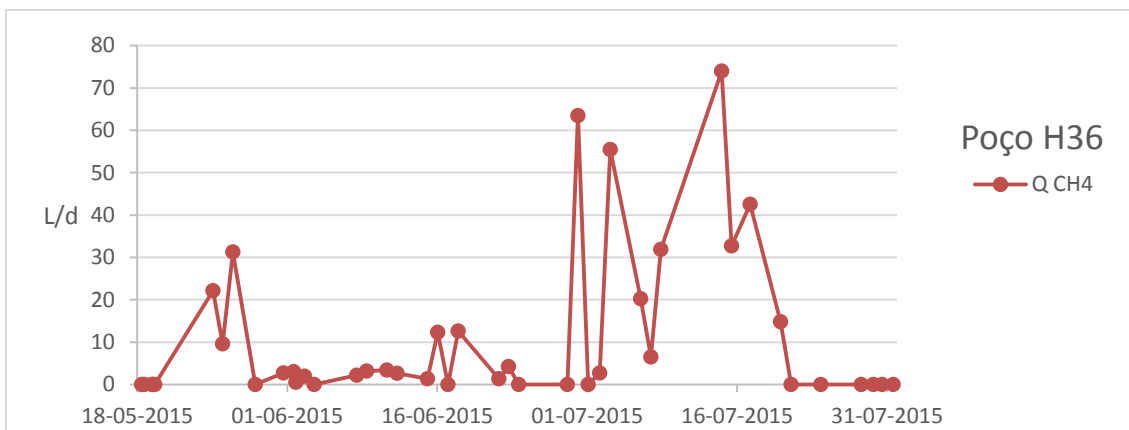


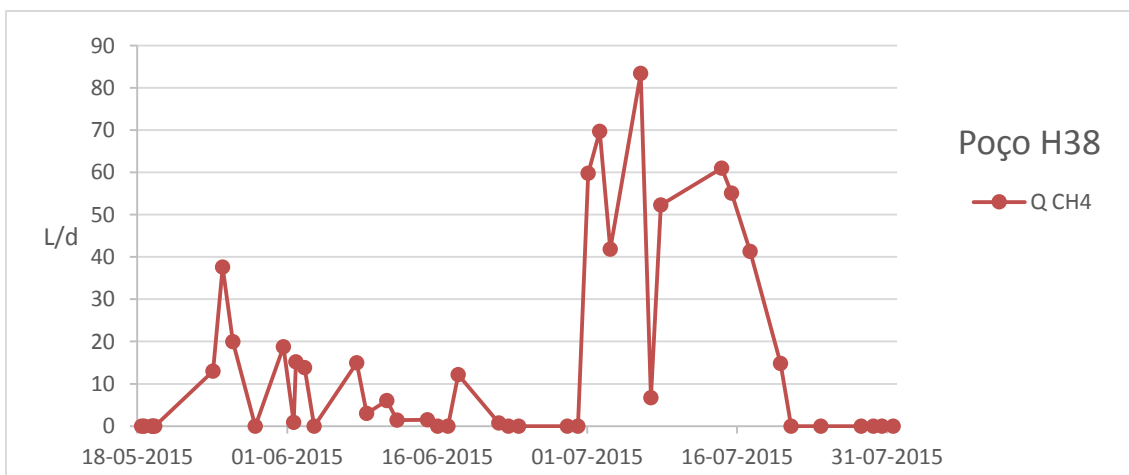
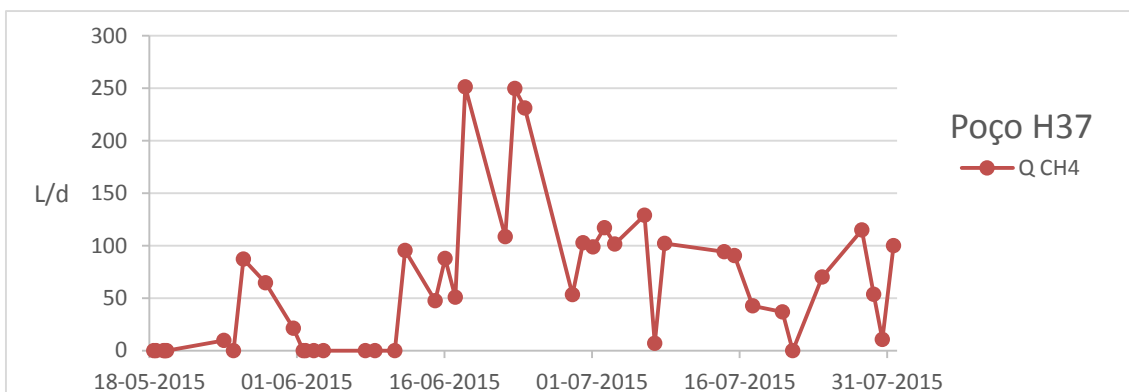
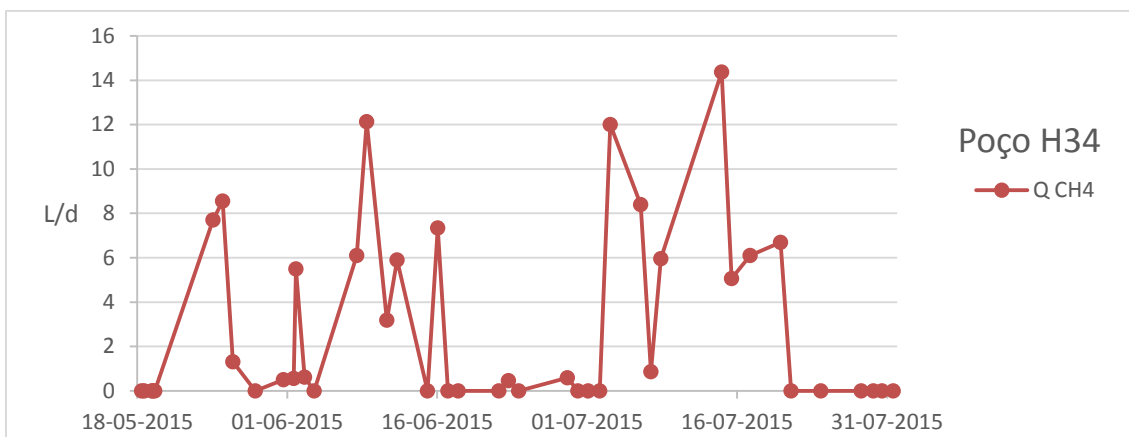
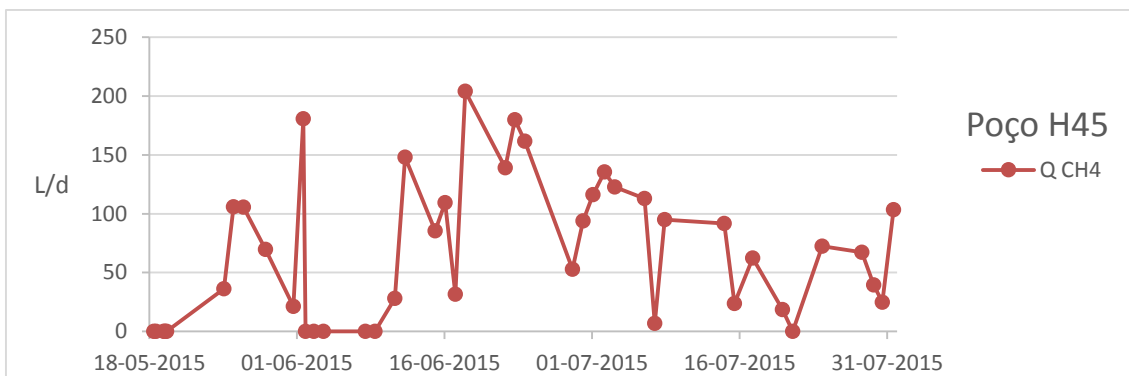


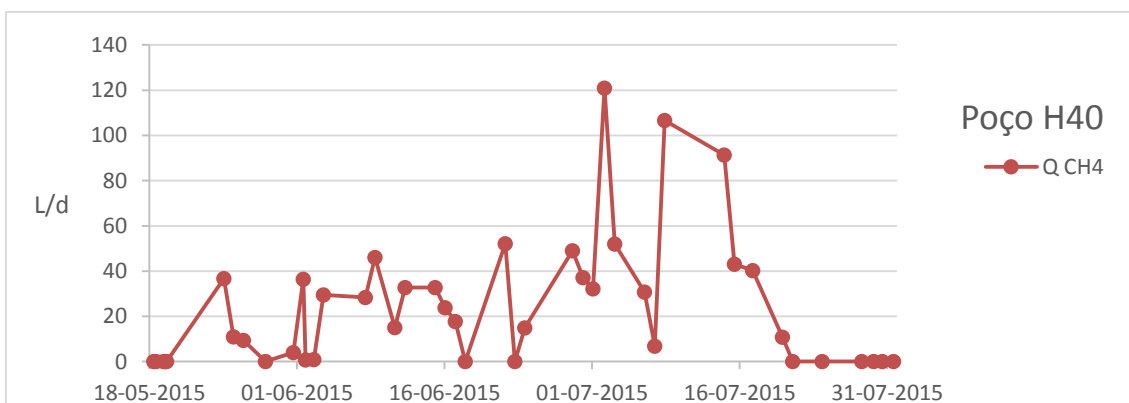
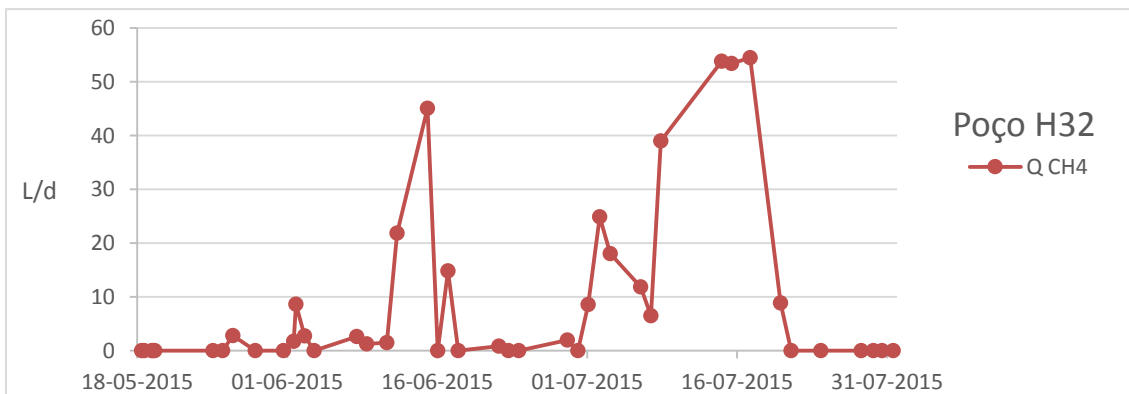
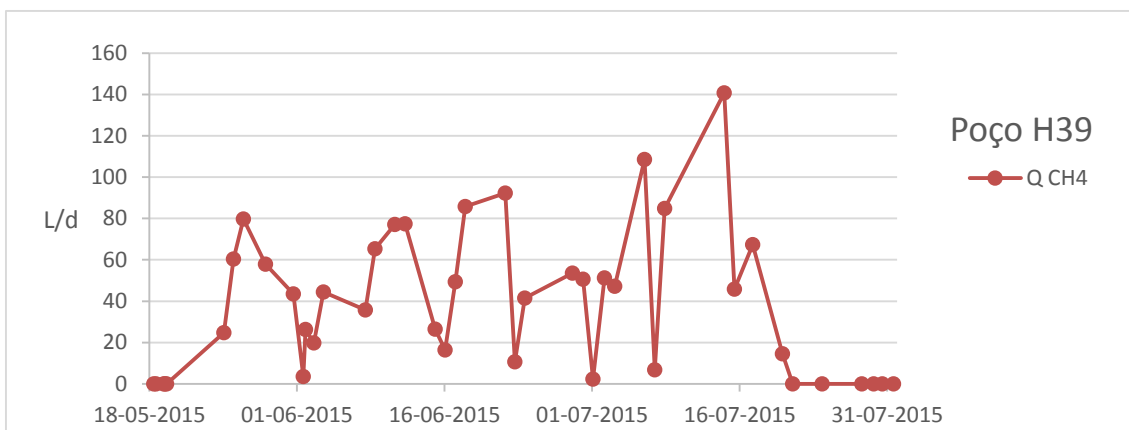
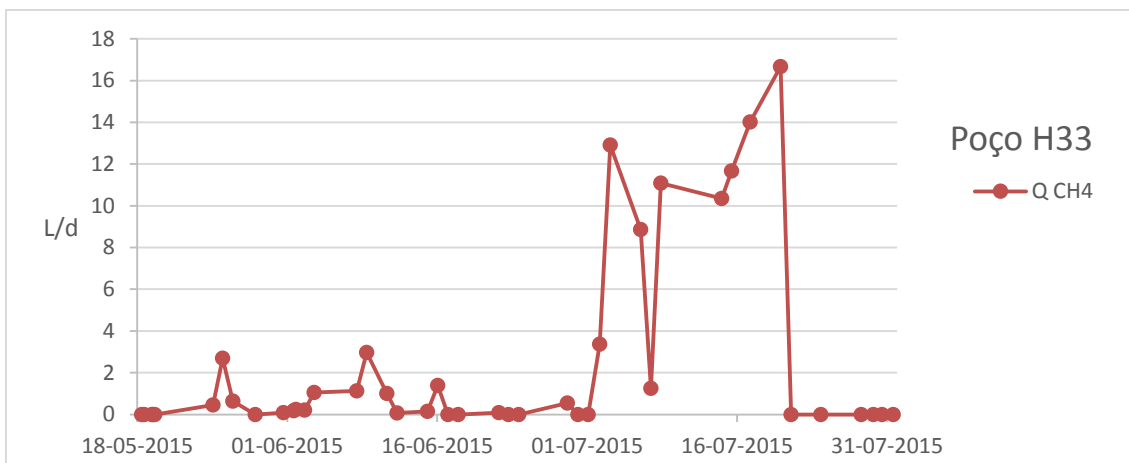


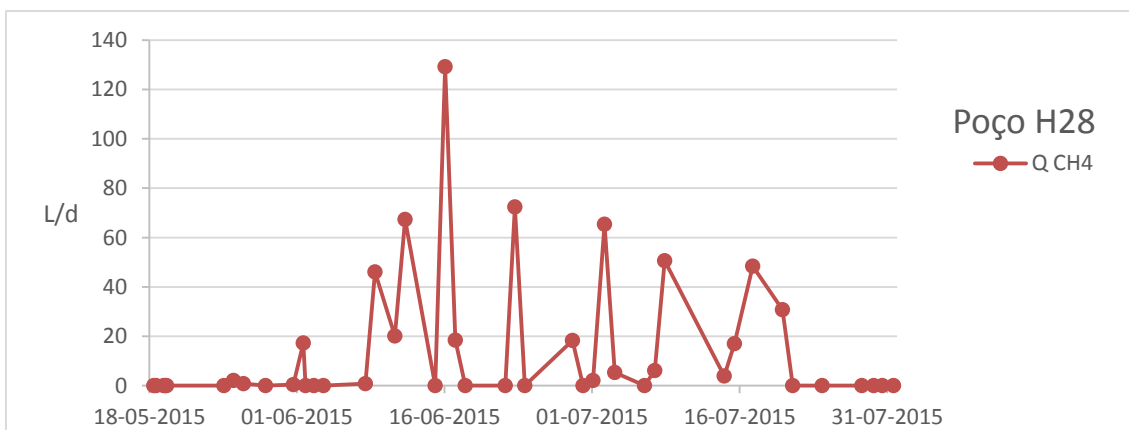
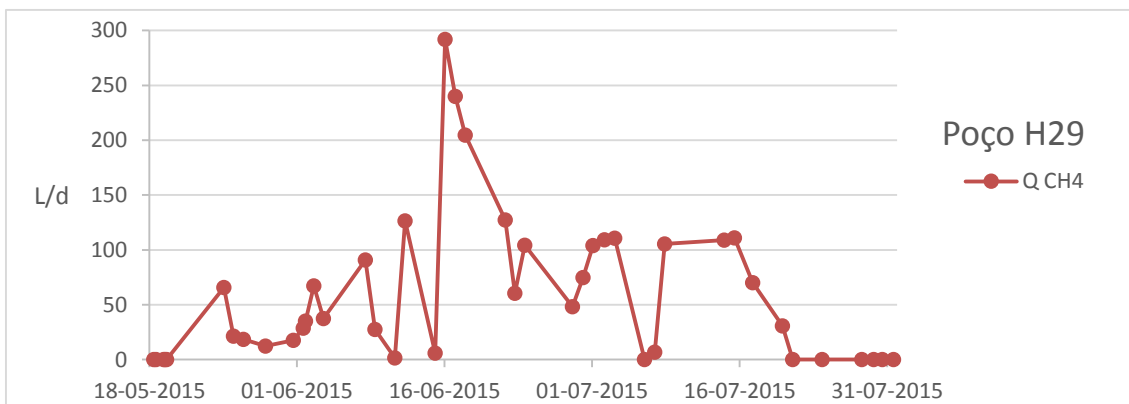
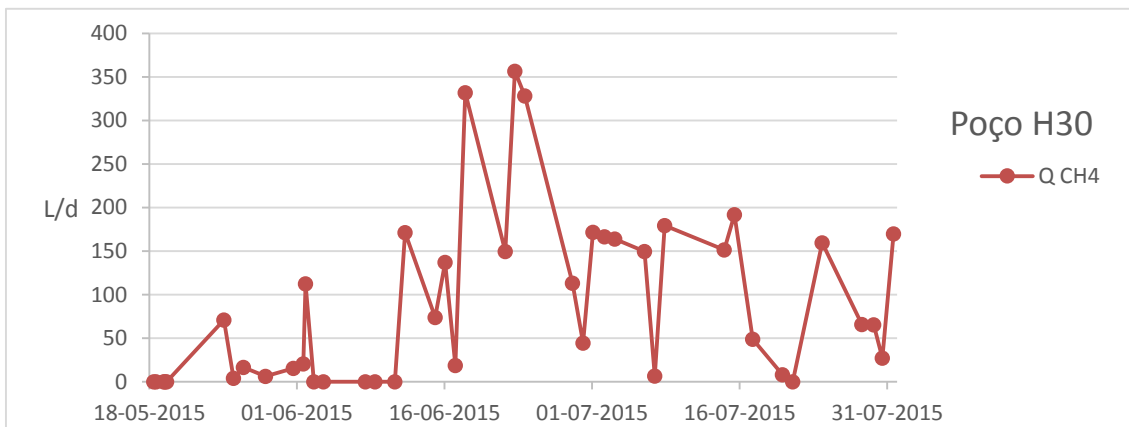
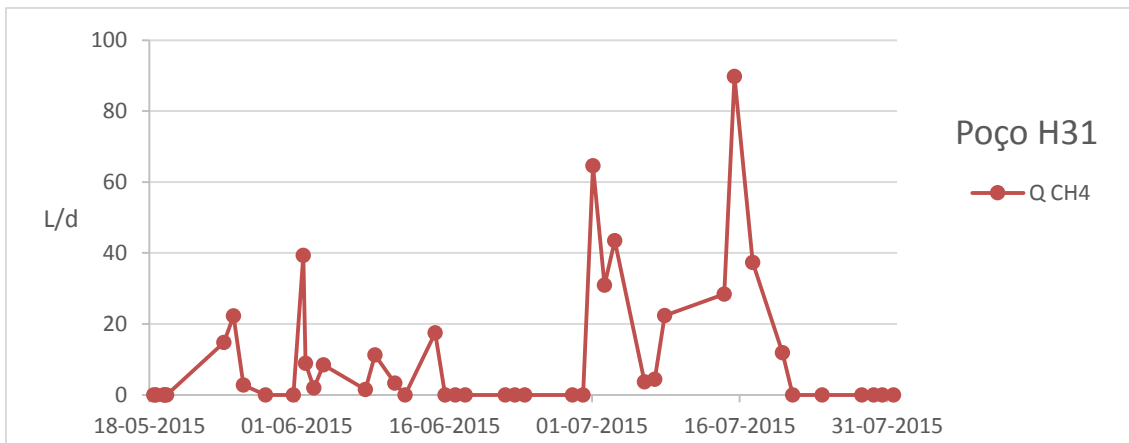
4. Caudal Diário de Metano Produzido nos Drenos Horizontais e Verticais

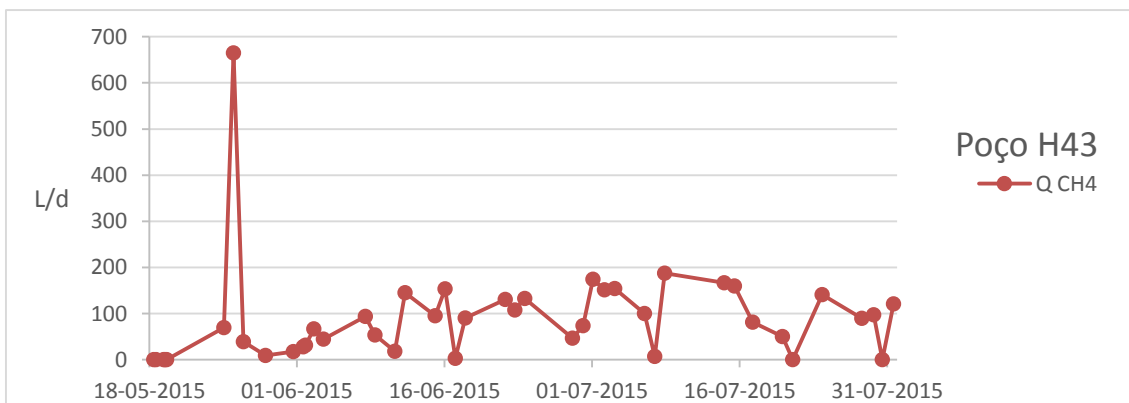
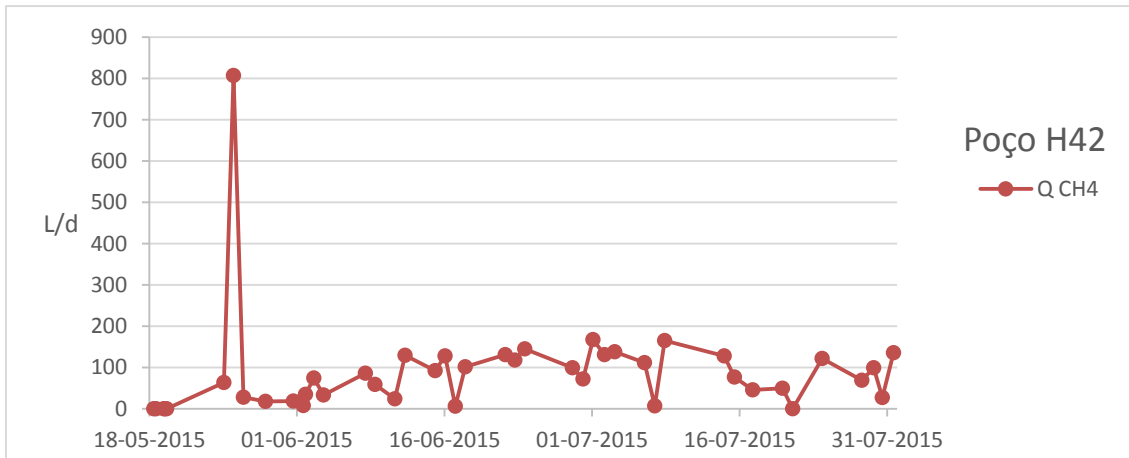
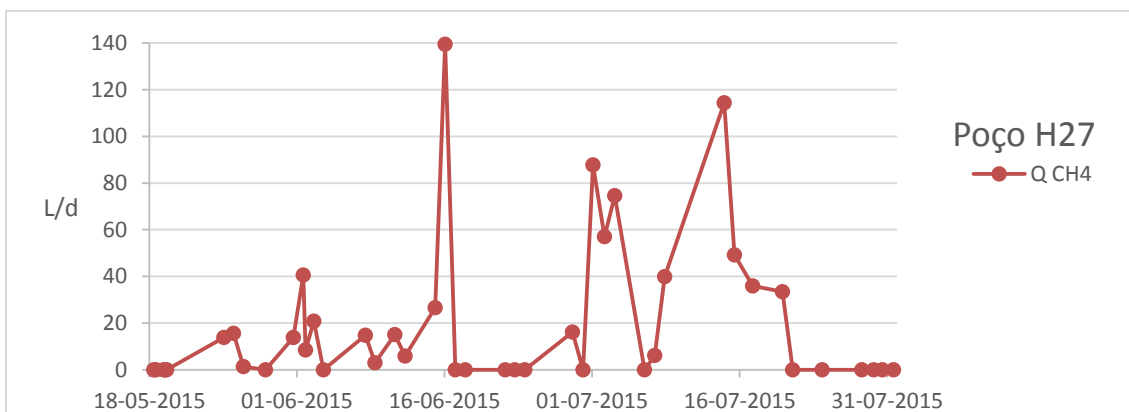
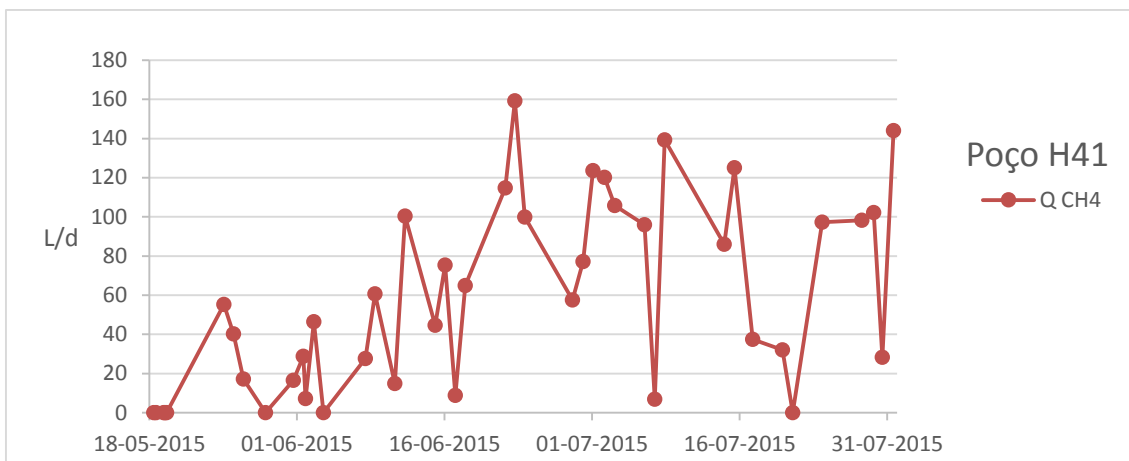


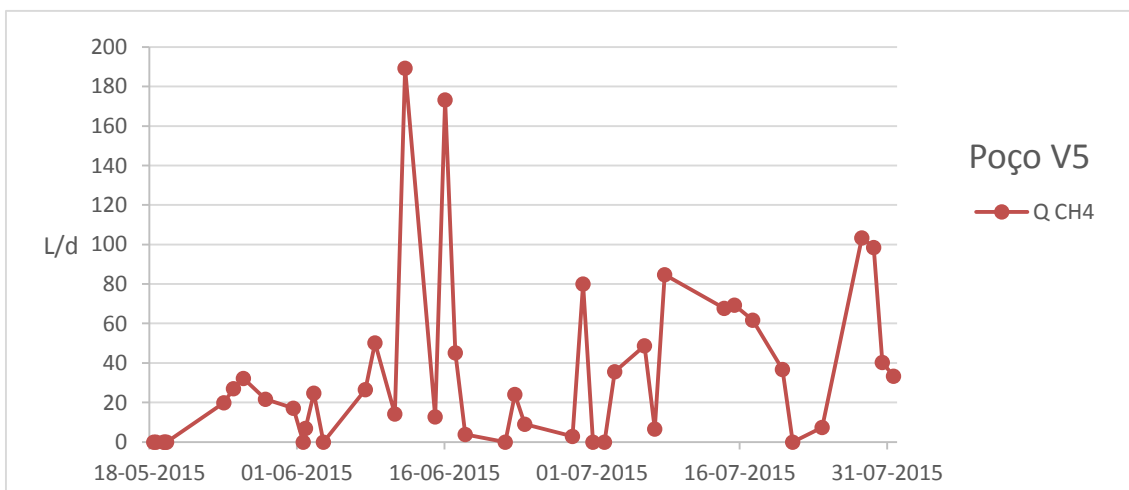
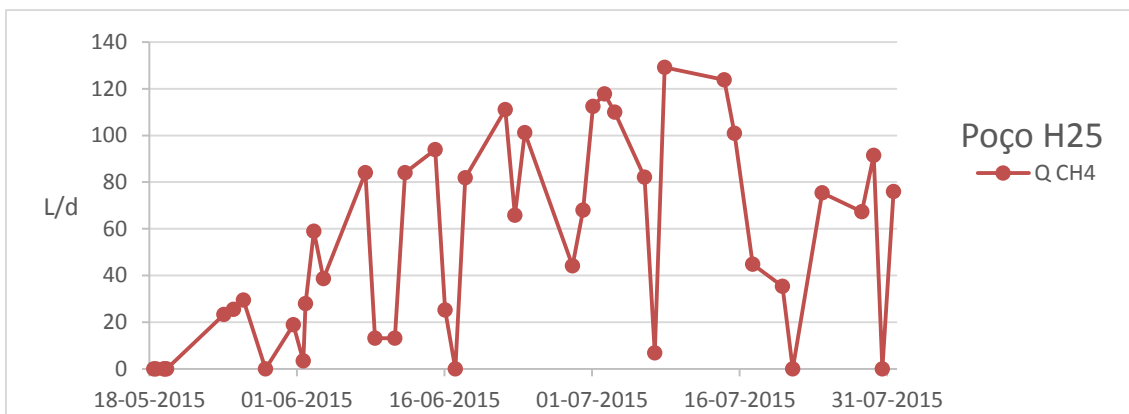
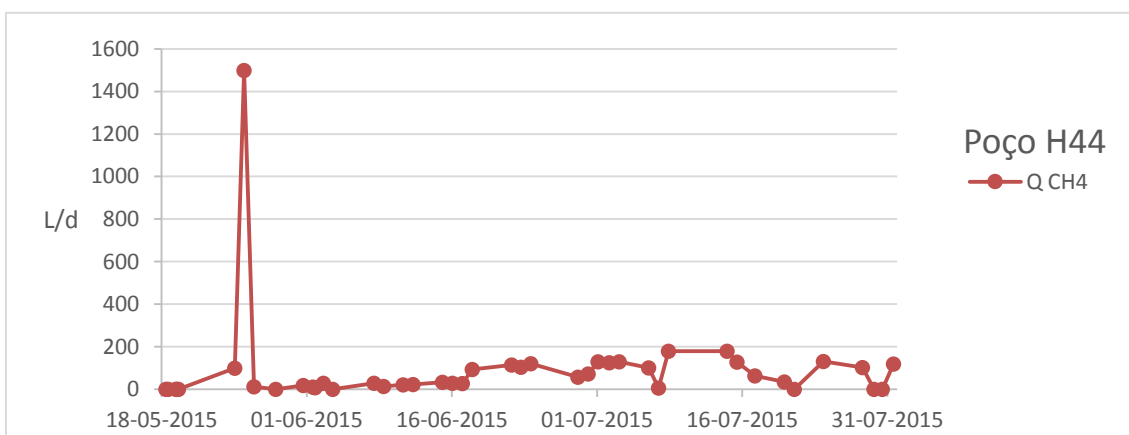
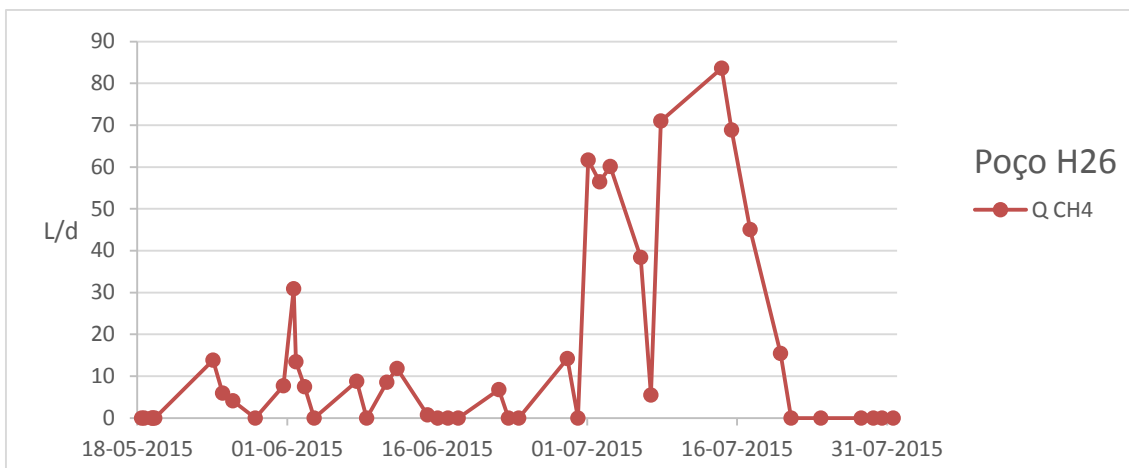


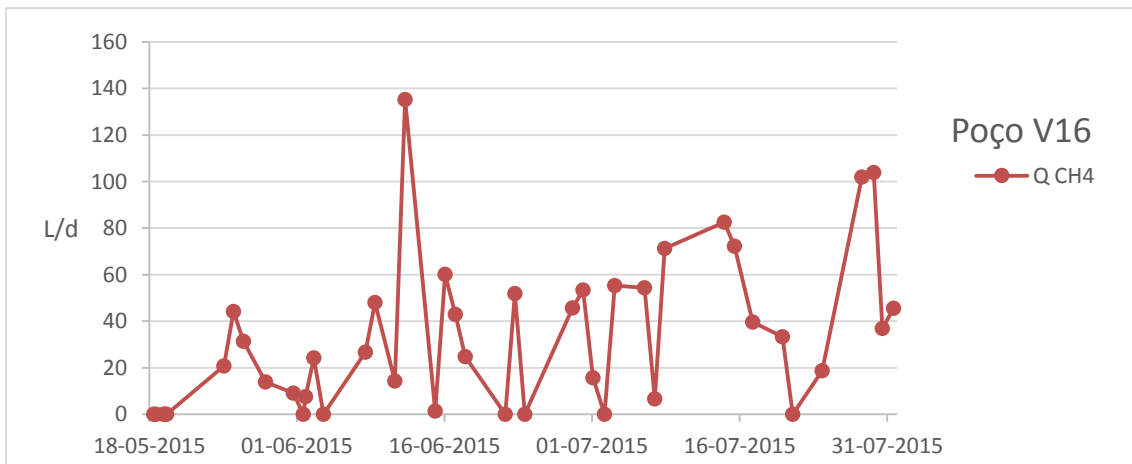
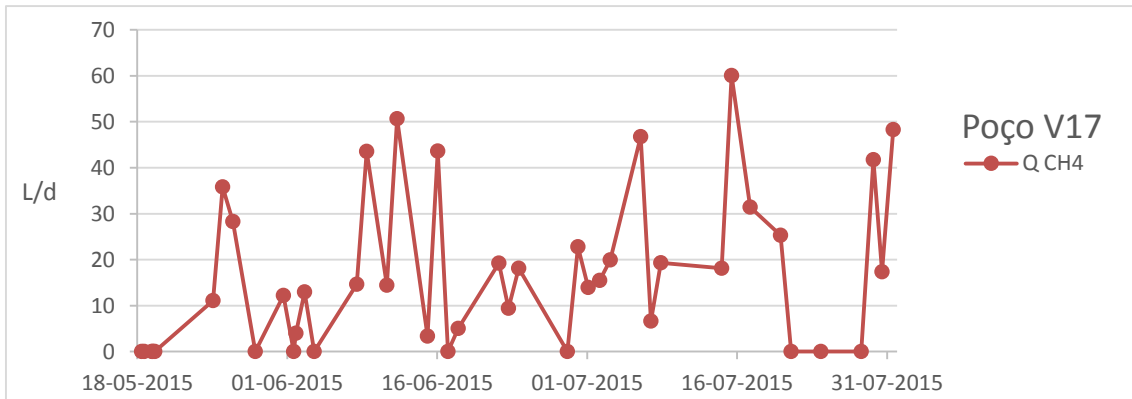
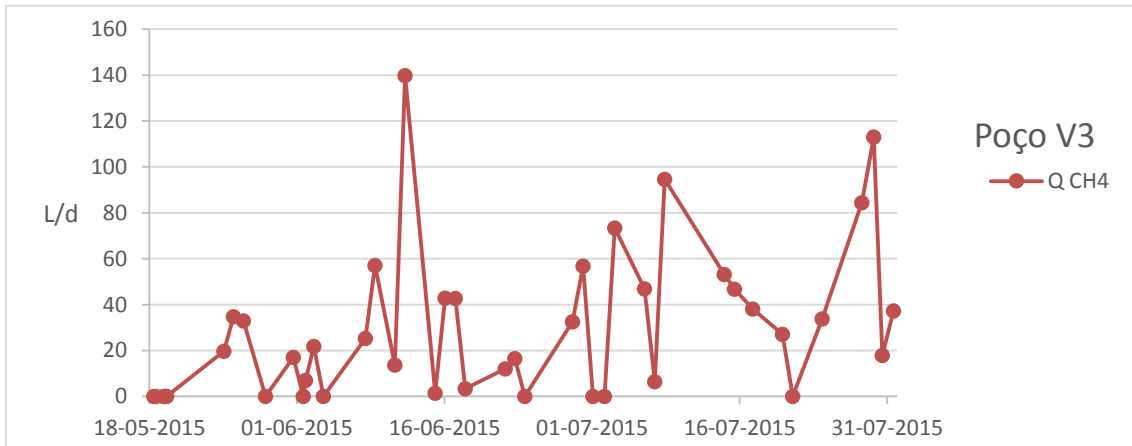
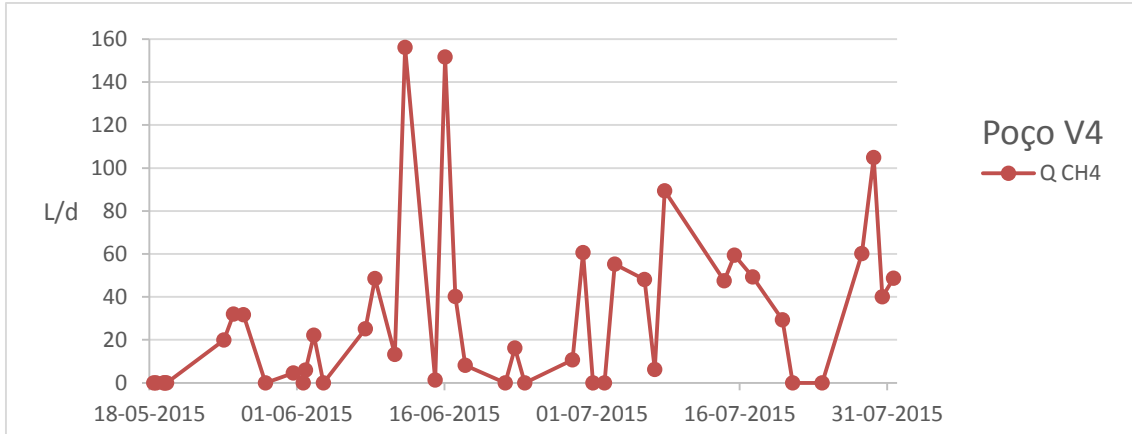


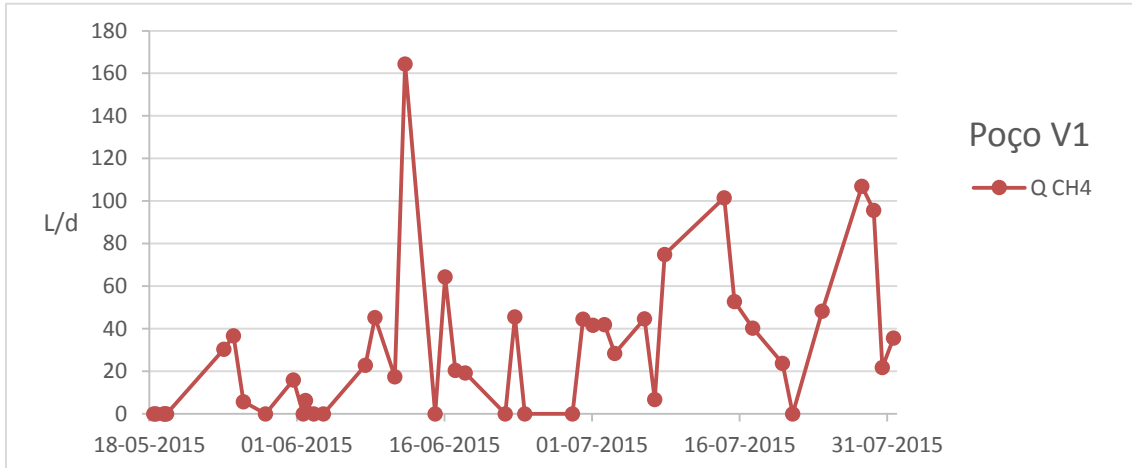
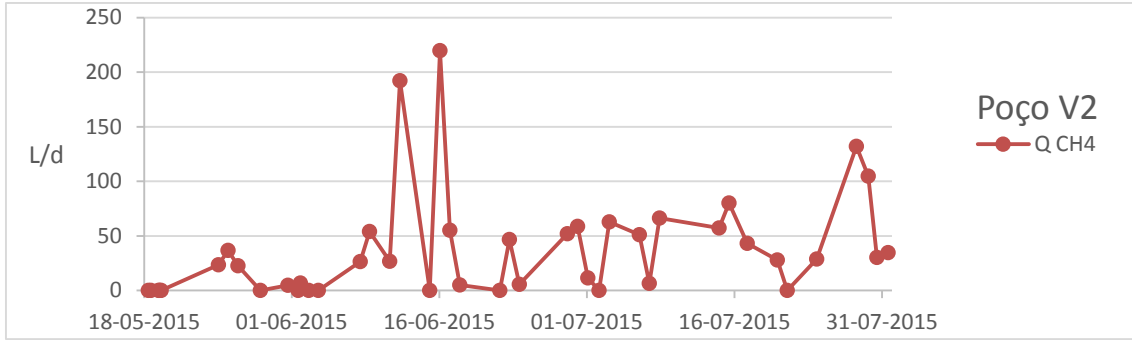












5. Tabelas de Recolha de Dados Diários

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM01	18-mai	10:30	H49	60,5	38,9	0,5		
DM01	18-mai	10:33	H48	56,0	40,8	0,7		
DM01	18-mai	10:36	H36	53,3	45,6	0,6		
DM01	18-mai	10:39	H47	51,5	38,6	0,9		
DM01	18-mai	10:42	H35	54,1	43,7	0,6		
DM01	18-mai	10:45	H46	49,1	37,1	0,6		
DM01	18-mai	10:48	H45	56,2	38,7	0,8		
DM01	18-mai	10:51	H34	18,9	13,9	13,1		
DM01	18-mai	10:54	H37	55,5	37,6	0,5		
DM01	18-mai	10:57	H38	55,7	39,8	0,8		
DM01	18-mai	11:00	H33	0,7	0,8	20,6		
DM01	18-mai	11:03	H39	57,2	37,9	0,6		
DM01	18-mai	11:06	H32	1,6	0,7	20,8		
DM01	18-mai	11:09	H40	0,7	0,3	21,5		
DM01	18-mai	11:12	H31	0,2	0,3	21,4		
DM01	18-mai	11:15	H30	21,0	14,0	13,3		
DM01	18-mai	11:18	H29	43,4	30,5	5,2		
DM01	18-mai	11:21	H28	46,5	36,6	3,6		
DM01	18-mai	11:24	H41	46,6	31,0	4,5		
DM01	18-mai	11:27	H27	51,4	34,4	2,6		
DM01	18-mai	11:30	H42	53,2	33,9	2,6		
DM01	18-mai	11:33	H43	58,3	37,9	0,8		
DM01	18-mai	11:36	H26	38,7	29,4	1,5		
DM01	18-mai	11:39	H44	46,9	26,9	4,9		
DM01	18-mai	11:42	H25	55,5	38,3	1,5		
DM01	18-mai	11:52	V5	45,2	35,2	3,7		
DM01	18-mai	11:55	V4	45,6	39,2	3,2		
DM01	18-mai	11:58	V3	44,5	35,3	3,9		
DM01	18-mai	12:01	V17	54,6	38,2	1,4		
DM01	18-mai	12:04	V16	54,1	40,0	1,3		
DM01	18-mai	12:07	V2	52,2	41,5	1,4		
DM01	18-mai	12:10	V1	55,4	38,4	1,2		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM02	18-mai	16:00	H49	53,8	37,3	2,3		
DM02	18-mai	16:03	H48	57,4	37,8	1,9		
DM02	18-mai	16:06	H36	54,1	41,6	2,1		
DM02	18-mai	16:09	H47	50,9	36,0	2,3		
DM02	18-mai	16:12	H35	52,6	39,5	2,2		
DM02	18-mai	16:15	H46	41,5	32,4	2,2		
DM02	18-mai	16:18	H45	52,4	36,1	2,2		
DM02	18-mai	16:21	H34	18,4	13,2	13,5		
DM02	18-mai	16:24	H37	51,4	35,0	2,1		
DM02	18-mai	16:27	H38	30,7	21,1	7,6		
DM02	18-mai	16:30	H33	0,8	0,8	20,7		
DM02	18-mai	16:33	H39	33,8	26,8	3,2		
DM02	18-mai	16:36	H32	47,6	36,9	3,1		
DM02	18-mai	16:39	H40	54,1	35,1	2,1		
DM02	18-mai	16:42	H31	52,7	35,6	2,2		
DM02	18-mai	16:45	H30	53,1	37,8	2,1		
DM02	18-mai	16:48	H29	51,8	36,6	2,5		
DM02	18-mai	16:51	H28	50,7	39,6	2,1		
DM02	18-mai	16:54	H41	50,5	34,2	2,8		
DM02	18-mai	16:57	H27	49,7	37,1	2,0		
DM02	18-mai	17:00	H42	54,3	35,0	2,0		
DM02	18-mai	17:03	H43	54,2	35,5	2,0		
DM02	18-mai	17:06	H26	38,4	30,9	2,0		
DM02	18-mai	17:09	H44	53,8	29,4	2,8		
DM02	18-mai	17:12	H25	52,4	37,7	2,1		
DM02	18-mai	17:15	V5	45,0	34,8	4,0		
DM02	18-mai	17:25	V4	45,9	39,2	3,3		
DM02	18-mai	17:28	V3	44,5	35,8	3,9		
DM02	18-mai	17:31	V17	52,8	37,2	1,9		
DM02	18-mai	17:34	V16	52,0	39,0	2,0		
DM02	18-mai	17:37	V2	50,7	40,6	1,9		
DM02	18-mai	17:40	V1	54,0	37,2	1,8		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM03	19-mai	10:20	H49	55,0	39,0	1,2		
DM03	19-mai	10:23	H48	55,3	39,2	1,4		
DM03	19-mai	10:26	H36	54,0	43,5	1,4		
DM03	19-mai	10:29	H47	53,5	37,7	1,6		
DM03	19-mai	10:32	H35	56,1	41,8	1,3		
DM03	19-mai	10:35	H46	42,1	33,4	1,5		
DM03	19-mai	10:38	H45	56,8	37,8	1,4		
DM03	19-mai	10:41	H34	13,5	9,7	15,4		
DM03	19-mai	10:44	H37	51,8	35,6	1,4		
DM03	19-mai	10:47	H38	36,6	23,2	6,3		
DM03	19-mai	10:50	H33	3,3	9,8	10,7		
DM03	19-mai	10:53	H39	32,8	25,0	4,4		
DM03	19-mai	10:56	H32	47,1	32,8	4,0		
DM03	19-mai	10:59	H40	56,8	37,0	1,4		
DM03	19-mai	11:02	H31	55,3	37,1	1,7		
DM03	19-mai	11:05	H30	55,1	39,2	1,4		
DM03	19-mai	11:08	H29	54,0	37,8	1,9		
DM03	19-mai	11:11	H28	51,9	40,7	1,6		
DM03	19-mai	11:14	H41	52,7	35,5	2,4		
DM03	19-mai	11:17	H27	54,1	36,6	1,4		
DM03	19-mai	11:20	H42	56,5	36,4	1,5		
DM03	19-mai	11:23	H43	56,5	36,8	1,3		
DM03	19-mai	11:26	H26	29,4	28,3	1,6		
DM03	19-mai	11:29	H44	57,8	32,4	1,6		
DM03	19-mai	11:32	H25	49,4	37,0	1,6		
DM03	19-mai	11:35	V5	45,0	35,3	3,9		
DM03	19-mai	11:38	V4	45,4	39,1	3,3		
DM03	19-mai	11:41	V3	42,6	34,4	4,6		
DM03	19-mai	11:44	V17	54,7	38,7	1,3		
DM03	19-mai	11:47	V16	54,0	39,9	1,4		
DM03	19-mai	11:50	V2	52,5	41,9	1,4		
DM03	19-mai	11:53	V1	55,5	38,1	1,4		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM04	19-mai	13:00	H49	49,3	36,4	2,5		
DM04	19-mai	13:03	H48	50,6	36,8	2,5		
DM04	19-mai	13:06	H36	48,0	39,2	3,1		
DM04	19-mai	13:09	H47	47,1	34,8	2,8		
DM04	19-mai	13:12	H35	49,7	38,5	2,7		
DM04	19-mai	13:15	H46	38,8	30,8	2,9		
DM04	19-mai	13:18	H45	50,9	35,1	2,8		
DM04	19-mai	13:21	H34	16,8	10,9	17,9		
DM04	19-mai	13:24	H37	47,2	32,3	2,9		
DM04	19-mai	13:27	H38	36,3	24,1	6,5		
DM04	19-mai	13:30	H33	3,3	10,0	10,4		
DM04	19-mai	13:33	H39	32,4	24,5	4,6		
DM04	19-mai	13:36	H32	40,3	29,7	6,0		
DM04	19-mai	13:39	H40	52,1	34,5	2,7		
DM04	19-mai	13:42	H31	7,0	6,8	15,3		
DM04	19-mai	13:45	H30	50,4	36,1	2,8		
DM04	19-mai	13:48	H29	49,2	34,9	3,3		
DM04	19-mai	13:51	H28	49,7	38,3	2,6		
DM04	19-mai	13:54	H41	49,8	33,9	3,4		
DM04	19-mai	13:57	H27	10,6	12,1	11,4		
DM04	19-mai	14:00	H42	52,0	33,5	2,8		
DM04	19-mai	14:03	H43	52,2	34,0	2,7		
DM04	19-mai	14:06	H26	29,4	26,3	2,9		
DM04	19-mai	14:09	H44	54,9	29,6	2,7		
DM04	19-mai	14:12	H25	47,3	34,6	2,7		
DM04	19-mai	14:15	V5	42,2	32,7	4,9		
DM04	19-mai	14:18	V4	43,2	37,4	4,1		
DM04	19-mai	14:21	V3	40,8	32,5	5,3		
DM04	19-mai	14:24	V17	49,8	35,6	2,8		
DM04	19-mai	14:27	V16	48,5	36,6	3,1		
DM04	19-mai	14:30	V2	48,0	38,3	2,9		
DM04	19-mai	14:33	V1	47,0	33,0	3,8		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM05	19-mai	17:00	H49	48,4	37,2	2,6		
DM05	19-mai	17:03	H48	48,9	37,2	2,1		
DM05	19-mai	17:06	H36	50,9	42,4	2,1		
DM05	19-mai	17:09	H47	44,5	34,1	3,2		
DM05	19-mai	17:12	H35	51,8	29,7	2,2		
DM05	19-mai	17:15	H46	29,9	27,7	3,4		
DM05	19-mai	17:18	H45	52,2	36,3	2,2		
DM05	19-mai	17:21	H34	15,2	10,7	15,0		
DM05	19-mai	17:24	H37	39,0	30,2	2,4		
DM05	19-mai	17:27	H38	41,9	27,6	4,9		
DM05	19-mai	17:30	H33	4,4	11,9	8,8		
DM05	19-mai	17:33	H39	20,6	18,1	7,9		
DM05	19-mai	17:36	H32	41,9	31,6	5,5		
DM05	19-mai	17:39	H40	51,6	35,3	2,3		
DM05	19-mai	17:42	H31	51,1	34,5	2,7		
DM05	19-mai	17:45	H30	52,0	37,1	2,4		
DM05	19-mai	17:48	H29	48,9	34,8	3,4		
DM05	19-mai	17:51	H28	1,3	3,7	18,5		
DM05	19-mai	17:54	H41	49,7	33,9	3,3		
DM05	19-mai	17:57	H27	23,7	18,6	7,9		
DM05	19-mai	18:00	H42	52,0	33,8	2,8		
DM05	19-mai	18:03	H43	53,2	34,5	2,5		
DM05	19-mai	18:06	H26	29,6	26,8	2,8		
DM05	19-mai	18:09	H44	54,2	30,9	2,7		
DM05	19-mai	18:12	H25	36,5	30,4	3,0		
DM05	19-mai	18:15	V5	32,9	24,3	8,5		
DM05	19-mai	18:18	V4	32,9	27,3	8,2		
DM05	19-mai	18:21	V3	30,5	23,7	9,2		
DM05	19-mai	18:24	V17	35,8	24,5	7,6		
DM05	19-mai	18:27	V16	48,2	35,6	3,0		
DM05	19-mai	18:30	V2	48,2	37,7	3,0		
DM05	19-mai	18:33	V1	31,9	21,2	9,5		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM06	25-mai	11:00	H49	31,7	20,8	9,7	0,0	6,6
DM06	25-mai	11:03	H48	31,1	22,4	9,0	0,0	7,5
DM06	25-mai	11:06	H36	28,8	23,6	9,7	0,0	3,2
DM06	25-mai	11:09	H47	28,4	19,5	9,9	0,0	-6
DM06	25-mai	11:12	H35	34,7	26,1	7,1	0,0	3
DM06	25-mai	11:15	H46	21,9	15,3	11,1	0,0	5,4
DM06	25-mai	11:18	H45	38,8	26,2	6,4	0,0	3,9
DM06	25-mai	11:21	H34	10,7	7,4	15,9	0,0	3
DM06	25-mai	11:24	H37	27,1	16,6	11,1	0,0	-1,5
DM06	25-mai	11:27	H38	28,5	21,6	9,9	0,0	1,9
DM06	25-mai	11:30	H33	2,1	9,0	11,0	0,0	0,9
DM06	25-mai	11:33	H39	33,2	20,5	9,0	0,0	3,1
DM06	25-mai	11:36	H32	24,6	19,1	11,2	-1,0	0
DM06	25-mai	11:39	H40	45,0	27,5	4,3	-1,0	3,4
DM06	25-mai	11:42	H31	32,4	22,2	8,9	-1,0	1,9
DM06	25-mai	11:45	H30	46,3	34,2	3,8	-1,0	6,4
DM06	25-mai	11:48	H29	27,7	19,1	10,4	-1,0	9,9
DM06	25-mai	11:51	H28	0,0	0,6	20,1	-2,0	3,1
DM06	25-mai	11:54	H41	31,1	19,8	9,8	-2,0	7,4
DM06	25-mai	11:57	H27	26,3	17,6	10,7	-2,0	2,2
DM06	25-mai	12:00	H42	28,9	18,1	10,3	-2,0	9,2
DM06	25-mai	12:03	H43	29,2	19,0	9,9	-2,0	9,9
DM06	25-mai	12:06	H26	18,6	14,6	9,8	-2,0	3,1
DM06	25-mai	12:09	H44	32,6	19,5	9,1	-2,0	12,8
DM06	25-mai	12:12	H25	31,2	21,9	8,2	-2,0	3,1
DM06	25-mai	12:15	V5	26,8	20,7	10,0	-1,0	3,1
DM06	25-mai	12:18	V4	25,9	22,4	10,2	0,0	3,2
DM06	25-mai	12:21	V3	25,6	20,9	10,3	0,0	3,2
DM06	25-mai	12:24	V17	14,4	9,7	14,6	0,0	3,2
DM06	25-mai	12:27	V16	27,1	19,4	10,5	-1,0	3,2
DM06	25-mai	12:30	V2	28,8	21,4	9,6	-1,0	3,4
DM06	25-mai	12:33	V1	23,4	18,0	10,3	0,0	5,4

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM07	26-mai	10:00	H49	38,8	24,5	7,4	0,0	0,9
DM07	26-mai	10:03	H48	41,2	28,4	6,0	1,0	6,8
DM07	26-mai	10:06	H36	44,5	38,8	3,2	1,0	0,9
DM07	26-mai	10:09	H47	41,7	30,2	4,9	0,0	0,9
DM07	26-mai	10:12	H35	35,4	27,6	7,3	0,0	3,1
DM07	26-mai	10:15	H46	35,5	25,2	6,6	0,0	3,0
DM07	26-mai	10:18	H45	48,0	34,1	3,3	0,0	9,2
DM07	26-mai	10:21	H34	11,5	8,5	15,7	0,0	3,1
DM07	26-mai	10:24	H37	51,5	36,1	2,1	1,0	19,1
DM07	26-mai	10:27	H38	46,1	33,9	3,4	0,0	3,4
DM07	26-mai	10:30	H33	3,5	14,9	5,5	0,0	3,2
DM07	26-mai	10:33	H39	42,6	27,2	5,6	0,0	5,9
DM07	26-mai	10:36	H32	41,9	32,0	4,7	0,0	0,0
DM07	26-mai	10:39	H40	50,9	34,3	2,2	0,0	0,9
DM07	26-mai	10:42	H31	44,1	30,8	4,6	-1,0	2,1
DM07	26-mai	10:45	H30	56,7	41,8	0,2	-1,0	0,3
DM07	26-mai	10:48	H29	46,7	33,9	3,4	-1,0	1,9
DM07	26-mai	10:51	H28	30,0	22,4	9,0	0,0	0,3
DM07	26-mai	10:54	H41	42,9	28,5	5,4	-1,0	3,9
DM07	26-mai	10:57	H27	34,1	22,6	8,3	-1,0	1,9
DM07	26-mai	11:00	H42	49,1	32,2	3,3	9,0	68,5
DM07	26-mai	11:03	H43	37,5	24,0	7,6	9,0	73,9
DM07	26-mai	11:06	H26	27,6	22,9	5,0	-1,0	0,9
DM07	26-mai	11:09	H44	57,6	35,9	1,1	34,0	108,4
DM07	26-mai	11:12	H25	55,7	39,9	0,5	-1,0	1,9
DM07	26-mai	11:15	V5	28,9	21,3	9,9	-1,0	3,9
DM07	26-mai	11:18	V4	30,3	25,9	8,8	-1,0	4,4
DM07	26-mai	11:21	V3	34,5	27,0	7,8	-1,0	4,2
DM07	26-mai	11:24	V17	38,3	31,3	6,0	-1,0	3,9
DM07	26-mai	11:27	V16	46,0	29,9	5,6	-1,0	4,0
DM07	26-mai	11:30	V2	37,4	29,1	6,4	-1,0	4,1
DM07	26-mai	11:33	V1	35,5	23,5	8,0	-1,0	4,3

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressãot	Q
DM08	27-mai	10:30	H49	58,0	36,0	1,7	0,0	2,1
DM08	27-mai	10:33	H48	61,0	38,9	0,0	1,0	3,9
DM08	27-mai	10:36	H36	54,3	45,6	0,0	0,0	2,4
DM08	27-mai	10:39	H47	56,4	40,6	0,0	0,0	3,3
DM08	27-mai	10:42	H35	56,3	43,6	0,0	0,0	2,4
DM08	27-mai	10:45	H46	52,3	38,2	0,0	-1,0	2,1
DM08	27-mai	10:48	H45	58,6	39,8	0,0	1,0	7,5
DM08	27-mai	10:51	H34	18,2	13,5	12,9	0,0	0,3
DM08	27-mai	10:54	H37	59,5	39,2	0,0	-1,0	6,1
DM08	27-mai	10:57	H38	59,4	39,4	0,0	-1,0	1,4
DM08	27-mai	11:00	H33	4,4	18,0	2,6	-1,0	0,6
DM08	27-mai	11:03	H39	59,3	38,9	0,0	-1,0	5,6
DM08	27-mai	11:06	H32	57,6	40,9	0,0	-1,0	0,2
DM08	27-mai	11:09	H40	55,7	40,1	0,0	-1,0	0,7
DM08	27-mai	11:12	H31	58,2	39,4	0,0	-1,0	0,2
DM08	27-mai	11:15	H30	58,0	41,9	0,0	-1,0	1,2
DM08	27-mai	11:18	H29	58,9	41,0	0,0	-1,0	1,3
DM08	27-mai	11:21	H28	16,3	17,2	14,1	-1,0	0,2
DM08	27-mai	11:24	H41	59,5	39,6	0,0	-1,0	1,2
DM08	27-mai	11:27	H27	57,9	39,4	0,0	-2,0	0,1
DM08	27-mai	11:30	H42	60,5	38,7	0,0	-1,0	1,9
DM08	27-mai	11:33	H43	59,8	39,1	0,0	-1,0	2,7
DM08	27-mai	11:36	H26	34,1	29,1	0,0	-1,0	0,5
DM08	27-mai	11:39	H44	60,7	38,0	0,0	-2,0	0,9
DM08	27-mai	11:42	H25	58,3	41,6	0,0	-2,0	2,1
DM08	27-mai	11:45	V5	56,0	43,9	0,0	-1,0	2,4
DM08	27-mai	11:48	V4	52,7	47,2	0,0	-2,0	2,5
DM08	27-mai	11:51	V3	54,9	44,9	0,0	-2,0	2,5
DM08	27-mai	11:54	V17	53,6	46,2	0,0	-2,0	2,2
DM08	27-mai	11:57	V16	56,8	43,1	0,0	-2,0	2,3
DM08	27-mai	12:00	V2	55,2	44,6	0,0	-2,0	1,7
DM08	27-mai	12:03	V1	58,8	40,6	0,0	-2,0	0,4

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM09	29-mai	15:30	H49	27,1	17,3	11,3	0,0	-0,9
DM09	29-mai	15:33	H48	34,2	21,8	9,2	0,0	0,0
DM09	29-mai	15:36	H36	2,8	3,2	18,4	0,0	0,0
DM09	29-mai	15:39	H47	34,6	23,2	8,2	0,0	-0,7
DM09	29-mai	15:42	H35	6,4	5,5	17,3	0,0	0,0
DM09	29-mai	15:45	H46	40,6	29,2	4,7	-1,0	0,0
DM09	29-mai	15:48	H45	43,3	30,2	4,7	-1,0	6,7
DM09	29-mai	15:51	H34	19,2	14,0	12,5	-1,0	0,0
DM09	29-mai	15:54	H37	49,9	33,8	2,7	-1,0	5,4
DM09	29-mai	15:57	H38	41,1	26,6	5,3	-1,0	0,0
DM09	29-mai	16:00	H33	3,9	17,6	3,0	0,0	0,0
DM09	29-mai	16:03	H39	58,9	39,3	0,0	0,0	4,1
DM09	29-mai	16:06	H32	48,4	42,8	2,1	0,0	0,0
DM09	29-mai	16:09	H40	60,2	39,5	0,0	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:12	H31	47,3	33,5	3,4	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:15	H30	38,7	26,2	7,0	0,0	-0,7
DM09	29-mai	16:18	H29	42,7	29,7	5,2	1,0	-1,2
DM09	29-mai	16:21	H28	2,0	4,2	17,1	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:24	H41	38,8	25,1	7,0	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:27	H27	35,2	22,8	8,3	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:30	H42	34,6	21,0	8,8	0,0	2,1
DM09	29-mai	16:33	H43	34,7	22,0	8,4	1,0	1,1
DM09	29-mai	16:36	H26	19,8	15,9	9,5	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:39	H44	42,1	24,5	6,8	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:42	H25	48,3	33,9	3,5	1,0	0,0
DM09	29-mai	16:45	V5	37,6	28,6	6,6	0,0	2,4
DM09	29-mai	16:48	V4	32,4	26,9	8,4	-1,0	0,0
DM09	29-mai	16:51	V3	54,2	43,4	0,1	-1,0	0,0
DM09	29-mai	16:54	V17	27,7	18,1	10,8	0,0	0,0
DM09	29-mai	16:57	V16	30,4	21,5	9,5	0,0	1,9
DM09	29-mai	17:00	V2	28,0	21,0	10,1	0,0	0,0
DM09	29-mai	17:03	V1	39,0	25,4	7,1	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM10	01-jun	10:30	H49	25,7	17,9	10,6	0,0	-7,1
DM10	01-jun	10:33	H48	44,8	31,9	4,7	0,0	2,1
DM10	01-jun	10:36	H36	3,3	4,0	17,2	0,0	-3,4
DM10	01-jun	10:39	H47	45,3	30,8	4,4	0,0	11,3
DM10	01-jun	10:42	H35	5,2	4,2	17,9	0,0	-2,1
DM10	01-jun	10:45	H46	36,4	26,0	6,7	0,0	-4,5
DM10	01-jun	10:48	H45	36,8	24,8	7,6	0,0	2,4
DM10	01-jun	10:51	H34	10,6	7,3	16,3	-1,0	0,2
DM10	01-jun	10:54	H37	40,1	27,1	6,2	-1,0	2,2
DM10	01-jun	10:57	H38	23,0	15,8	10,8	-1,0	-3,4
DM10	01-jun	11:00	H33	3,4	13,9	6,9	-1,0	0,1
DM10	01-jun	11:03	H39	38,6	26,1	6,6	-1,0	4,7
DM10	01-jun	11:06	H32	37,9	27,4	6,6	-2,0	0,0
DM10	01-jun	11:09	H40	33,7	22,4	8,4	-2,0	0,5
DM10	01-jun	11:12	H31	26,2	18,4	10,6	-1,0	0,0
DM10	01-jun	11:15	H30	34,5	25,0	7,8	0,0	-1,9
DM10	01-jun	11:18	H29	38,7	27,5	6,5	0,0	-1,9
DM10	01-jun	11:21	H28	1,5	1,3	19,5	0,0	1,3
DM10	01-jun	11:24	H41	36,2	24,2	7,5	0,0	-1,9
DM10	01-jun	11:27	H27	38,6	26,6	6,1	-1,0	1,5
DM10	01-jun	11:30	H42	40,6	26,4	6,1	-1,0	-1,9
DM10	01-jun	11:33	H43	37,9	24,7	7,0	0,0	-1,9
DM10	01-jun	11:36	H26	26,7	21,1	6,1	-1,0	1,2
DM10	01-jun	11:39	H44	40,9	25,9	6,1	-2,0	-1,9
DM10	01-jun	11:42	H25	41,4	29,3	5,8	-1,0	-1,9
DM10	01-jun	11:45	V5	37,7	28,8	6,7	-2,0	1,6
DM10	01-jun	11:48	V4	38,6	34,9	5,6	-2,0	0,5
DM10	01-jun	11:51	V3	37,4	29,5	6,5	-2,0	-1,9
DM10	01-jun	11:54	V17	26,7	18,8	10,5	-2,0	-1,9
DM10	01-jun	11:57	V16	38,0	27,8	6,7	-2,0	1,0
DM10	01-jun	12:00	V2	38,7	30,2	6,0	-2,0	0,5
DM10	01-jun	12:03	V1	34,9	23,9	8,1	-2,0	-1,9

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM11	02-jun	10:30	H49	30,9	21,5	9,1	0,0	1,3
DM11	02-jun	10:33	H48	40,3	28,1	6,4	0,0	5,1
DM11	02-jun	10:36	H36	31,2	22,0	9,0	0,0	0,4
DM11	02-jun	10:39	H47	38,2	26,1	7,1	2,0	12,1
DM11	02-jun	10:42	H35	35,5	25,5	7,6	0,0	0,9
DM11	02-jun	10:45	H46	37,8	26,7	6,7	0,0	5,7
DM11	02-jun	10:48	H45	38,0	26,6	7,0	2,0	19,8
DM11	02-jun	10:51	H34	11,6	8,8	15,7	0,0	0,2
DM11	02-jun	10:54	H37	41,4	28,1	6,0	1,0	18,4
DM11	02-jun	10:57	H38	37,6	26,2	6,8	-1,0	-0,1
DM11	02-jun	11:00	H33	2,4	11,7	9,2	-1,0	-0,3
DM11	02-jun	11:03	H39	37,2	24,4	7,5	-1,0	-0,4
DM11	02-jun	11:06	H32	36,1	25,0	7,6	-1,0	-0,2
DM11	02-jun	11:09	H40	37,1	24,5	7,4	-2,0	-4,1
DM11	02-jun	11:12	H31	36,4	24,4	7,5	-2,0	-4,5
DM11	02-jun	11:15	H30	35,8	25,5	7,6	-2,0	-2,4
DM11	02-jun	11:18	H29	35,2	24,3	7,8	-3,0	-3,4
DM11	02-jun	11:21	H28	30,1	23,1	9,2	-3,0	-2,4
DM11	02-jun	11:24	H41	32,4	21,6	9,0	-3,0	-3,7
DM11	02-jun	11:27	H27	31,3	21,2	8,9	-3,0	-5,4
DM11	02-jun	11:30	H42	35,0	22,6	8,2	-3,0	-0,9
DM11	02-jun	11:33	H43	34,1	22,6	8,3	-3,0	-3,4
DM11	02-jun	11:36	H26	23,0	18,2	7,8	-3,0	-5,6
DM11	02-jun	11:39	H44	34,0	21,1	8,7	-3,0	-1,4
DM11	02-jun	11:42	H25	35,4	24,9	7,6	-3,0	-0,4
DM11	02-jun	11:45	V5	36,2	28,0	7,1	0,0	0,0
DM11	02-jun	11:48	V4	32,9	29,1	7,5	0,0	0,0
DM11	02-jun	11:51	V3	33,0	26,9	7,8	0,0	0,0
DM11	02-jun	11:54	V17	20,5	14,8	12,6	0,0	0,0
DM11	02-jun	11:57	V16	33,5	25,2	7,8	0,0	0,0
DM11	02-jun	12:00	V2	33,2	26,4	7,7	0,0	0,0
DM11	02-jun	12:03	V1	29,2	20,8	9,5	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM12	02-jun	16:00	H49	21,0	14,3	12,7	-1,0	-4,5
DM12	02-jun	16:03	H48	30,1	21,0	9,6	0,0	2,1
DM12	02-jun	16:06	H36	2,4	2,9	18,4	0,0	-0,9
DM12	02-jun	16:09	H47	33,5	26,8	7,8	1,0	9,4
DM12	02-jun	16:12	H35	4,8	4,1	18,2	0,0	0,9
DM12	02-jun	16:15	H46	32,7	22,5	8,7	0,0	5,5
DM12	02-jun	16:18	H45	36,1	24,1	7,5	1,0	20,5
DM12	02-jun	16:21	H34	10,4	16,4	7,3	0,0	2,2
DM12	02-jun	16:24	H37	34,8	21,5	7,8	1,0	19,2
DM12	02-jun	16:27	H38	30,1	19,0	9,9	0,0	2,1
DM12	02-jun	16:30	H33	2,5	9,3	11,1	-1,0	0,4
DM12	02-jun	16:33	H39	28,9	18,8	10,2	0,0	3,8
DM12	02-jun	16:36	H32	35,9	25,8	7,6	-1,0	1,0
DM12	02-jun	16:39	H40	30,2	19,5	9,8	-1,0	0,1
DM12	02-jun	16:42	H31	33,7	22,6	8,3	-2,0	1,1
DM12	02-jun	16:45	H30	37,8	27,0	6,4	-2,0	12,4
DM12	02-jun	16:48	H29	33,2	22,7	8,5	-2,0	-4,4
DM12	02-jun	16:51	H28	0,0	1,8	18,9	-2,0	-0,9
DM12	02-jun	16:54	H41	33,7	22,2	8,4	-2,0	-0,9
DM12	02-jun	16:57	H27	39,1	26,9	6,2	-2,0	-0,9
DM12	02-jun	17:00	H42	41,4	26,5	6,1	-2,0	-3,5
DM12	02-jun	17:03	H43	40,7	27,0	6,0	-2,0	-3,2
DM12	02-jun	17:06	H26	25,4	20,0	6,4	-2,0	2,2
DM12	02-jun	17:09	H44	38,9	22,7	6,7	-2,0	-0,9
DM12	02-jun	17:12	H25	29,9	20,6	9,6	-2,0	-3,9
DM12	02-jun	17:15	V5	32,2	24,5	8,4	-3,0	-0,9
DM12	02-jun	17:18	V4	27,4	23,2	9,7	-4,0	-0,9
DM12	02-jun	17:21	V3	32,6	25,9	7,8	-4,0	-0,9
DM12	02-jun	17:24	V17	18,4	12,4	13,9	-3,0	-0,9
DM12	02-jun	17:27	V16	35,4	25,7	7,4	-3,0	-0,9
DM12	02-jun	17:30	V2	31,2	23,7	8,9	-3,0	-0,9
DM12	02-jun	17:33	V1	29,0	18,6	10,0	-3,0	-0,9

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM13	03-jun	12:00	H49	32,5	22,8	8,2	0,0	-7,6
DM13	03-jun	12:03	H48	40,8	29,1	6,0	0,0	0,6
DM13	03-jun	12:06	H36	2,5	3,3	17,6	0,0	-3,3
DM13	03-jun	12:09	H47	44,4	30,5	4,6	1,0	9,6
DM13	03-jun	12:12	H35	5,1	4,2	17,8	0,0	-2,4
DM13	03-jun	12:15	H46	39,8	27,7	6,3	0,0	3,4
DM13	03-jun	12:18	H45	39,8	28,6	5,9	1,0	18,9
DM13	03-jun	12:21	H34	12,9	9,5	15,1	-1,0	0,2
DM13	03-jun	12:24	H37	38,4	26,5	6,5	1,0	17,5
DM13	03-jun	12:27	H38	44,3	27,3	5,6	-1,0	-1,3
DM13	03-jun	12:30	H33	2,8	12,4	8,6	-1,0	-0,3
DM13	03-jun	12:33	H39	46,0	31,3	3,7	-1,0	1,8
DM13	03-jun	12:36	H32	37,7	26,6	7,0	-2,0	-0,3
DM13	03-jun	12:39	H40	38,1	25,3	7,0	-2,0	0,1
DM13	03-jun	12:42	H31	40,8	28,2	5,6	-2,0	-0,2
DM13	03-jun	12:45	H30	42,6	29,7	5,4	2,0	40,1
DM13	03-jun	12:48	H29	37,9	26,1	7,1	-2,0	-7,4
DM13	03-jun	12:51	H28	0,0	0,7	20,1	-2,0	-3,3
DM13	03-jun	12:54	H41	35,2	23,4	8,0	-3,0	-5,5
DM13	03-jun	12:57	H27	36,1	24,5	7,1	-2,0	-2,4
DM13	03-jun	13:00	H42	38,3	24,4	7,1	-2,0	-8,1
DM13	03-jun	13:03	H43	37,5	24,4	7,2	-2,0	-7,4
DM13	03-jun	13:06	H26	23,9	19,1	7,1	-2,0	-1,3
DM13	03-jun	13:09	H44	37,1	23,1	7,7	-2,0	-3,3
DM13	03-jun	13:12	H25	37,2	26,1	7,1	-2,0	-6,6
DM13	03-jun	13:15	V5	34,3	26,9	7,4	-1,0	-3,0
DM13	03-jun	13:18	V4	30,8	26,3	8,4	-1,0	-3,0
DM13	03-jun	13:21	V3	30,2	23,8	8,9	-1,0	-3,0
DM13	03-jun	13:24	V17	18,0	12,2	13,9	-1,0	-3,0
DM13	03-jun	13:27	V16	33,7	24,4	8,0	-1,0	-3,0
DM13	03-jun	13:30	V2	34,9	26,4	7,4	-1,0	0,0
DM13	03-jun	13:33	V1	29,5	19,7	7,9	-1,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM14	04-jun	11:00	H49	26,5	18,1	10,8	-2,0	-3,8
DM14	04-jun	11:03	H48	38,7	27,6	6,8	-2,0	3,6
DM14	04-jun	11:06	H36	2,1	2,8	18,3	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:09	H47	39,6	27,8	6,4	-2,0	12,4
DM14	04-jun	11:12	H35	4,7	3,9	18,4	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:15	H46	38,8	27,1	6,6	-2,0	7,2
DM14	04-jun	11:18	H45	37,4	26,1	7,1	-1,0	19,5
DM14	04-jun	11:21	H34	13,4	9,7	15,3	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:24	H37	41,4	28,9	5,5	-1,0	17,8
DM14	04-jun	11:27	H38	40,4	25,8	6,7	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:30	H33	2,3	11,4	8,7	-2,0	1,9
DM14	04-jun	11:33	H39	37,8	24,2	7,4	-2,0	4,9
DM14	04-jun	11:36	H32	35,6	26,4	7,7	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:39	H40	40,9	26,7	6,2	-2,0	3,0
DM14	04-jun	11:42	H31	39,2	26,4	6,6	-2,0	0,9
DM14	04-jun	11:45	H30	41,0	28,6	5,9	-2,0	38,9
DM14	04-jun	11:48	H29	36,2	24,9	7,6	-2,0	-4,3
DM14	04-jun	11:51	H28	0,0	0,8	20,0	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:54	H41	37,2	24,8	6,9	-2,0	0,0
DM14	04-jun	11:57	H27	36,9	25,0	7,2	-2,0	0,0
DM14	04-jun	12:00	H42	36,8	23,3	7,6	-2,0	-3,8
DM14	04-jun	12:03	H43	38,3	25,1	7,0	-2,0	-4,8
DM14	04-jun	12:06	H26	23,0	18,6	7,4	-2,0	0,0
DM14	04-jun	12:09	H44	40,3	25,1	6,5	-2,0	0,0
DM14	04-jun	12:12	H25	38,3	27,2	6,5	-2,0	-4,2
DM14	04-jun	12:15	V5	34,6	27,2	7,3	0,0	0,0
DM14	04-jun	12:18	V4	33,2	29,1	7,4	-1,0	0,0
DM14	04-jun	12:21	V3	32,0	25,8	8,1	-1,0	0,0
DM14	04-jun	12:24	V17	17,7	12,0	14,1	-1,0	0,0
DM14	04-jun	12:27	V16	36,8	26,0	7,4	-2,0	0,0
DM14	04-jun	12:30	V2	34,0	25,7	7,9	-2,0	0,0
DM14	04-jun	12:33	V1	29,4	19,7	9,9	-3,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM15	08-jun	16:00	H49	55,7	32,4	3,9	0,0	-5,2
DM15	08-jun	16:03	H48	61,5	38,3	0,0	1,0	1,0
DM15	08-jun	16:06	H36	4,9	7,3	14,9	0,0	-1,9
DM15	08-jun	16:09	H47	59,9	40,0	0,0	1,0	9,4
DM15	08-jun	16:12	H35	9,0	8,3	15,1	0,0	-1,9
DM15	08-jun	16:15	H46	60,8	38,9	0,1	0,0	8,2
DM15	08-jun	16:18	H45	61,0	38,9	0,0	0,0	14,8
DM15	08-jun	16:21	H34	25,4	18,1	10,5	0,0	1,0
DM15	08-jun	16:24	H37	61,5	38,3	0,1	1,0	16,1
DM15	08-jun	16:27	H38	62,3	37,5	0,1	-1,0	1,0
DM15	08-jun	16:30	H33	3,6	18,1	2,8	-1,0	1,3
DM15	08-jun	16:33	H39	62,0	37,9	0,0	-1,0	2,4
DM15	08-jun	16:36	H32	54,8	44,9	0,1	-1,0	0,2
DM15	08-jun	16:39	H40	62,3	37,5	0,1	-1,0	-1,9
DM15	08-jun	16:42	H31	61,2	38,6	0,0	-2,0	0,1
DM15	08-jun	16:45	H30	61,4	38,4	0,0	-2,0	33,7
DM15	08-jun	16:48	H29	61,0	38,5	0,4	-2,0	-6,2
DM15	08-jun	16:51	H28	1,8	4,5	17,9	-1,0	-1,9
DM15	08-jun	16:54	H41	60,5	37,2	1,4	-1,0	-1,9
DM15	08-jun	16:57	H27	61,9	37,7	0,2	-2,0	1,0
DM15	08-jun	17:00	H42	62,6	37,1	0,1	-2,0	-5,7
DM15	08-jun	17:03	H43	61,9	37,8	0,1	-2,0	-6,3
DM15	08-jun	17:06	H26	36,6	30,4	0,1	-2,0	1,0
DM15	08-jun	17:09	H44	63,2	36,6	0,1	-2,0	-1,9
DM15	08-jun	17:12	H25	60,4	39,3	0,2	-2,0	-5,8
DM15	08-jun	17:15	V5	58,2	41,4	0,6	-2,0	-1,9
DM15	08-jun	17:18	V4	55,1	44,0	0,8	-3,0	-1,9
DM15	08-jun	17:21	V3	55,6	40,9	1,4	-3,0	-1,9
DM15	08-jun	17:24	V17	32,1	19,6	9,8	-2,0	-1,9
DM15	08-jun	17:27	V16	58,7	39,0	1,3	-3,0	-1,9
DM15	08-jun	17:30	V2	58,2	40,8	0,9	-3,0	-1,9
DM15	08-jun	17:33	V1	50,0	31,1	4,3	-3,0	-1,9

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM16	09-jun	15:00	H49	61,5	36,7	1,6	0,0	0,2
DM16	09-jun	15:03	H48	61,6	38,1	0,1	0,0	4,6
DM16	09-jun	15:06	H36	14,9	16,8	9,7	0,0	0,9
DM16	09-jun	15:09	H47	59,8	39,9	0,2	1,0	12,6
DM16	09-jun	15:12	H35	18,8	15,9	10,0	0,0	3,2
DM16	09-jun	15:15	H46	61,0	38,6	0,2	1,0	11,4
DM16	09-jun	15:18	H45	61,3	38,5	0,3	1,0	17,2
DM16	09-jun	15:21	H34	26,6	18,2	10,5	0,0	1,9
DM16	09-jun	15:24	H37	61,3	38,2	0,3	0,0	18,8
DM16	09-jun	15:27	H38	62,3	37,4	0,2	-1,0	0,2
DM16	09-jun	15:30	H33	4,0	18,1	3,2	-1,0	3,1
DM16	09-jun	15:33	H39	61,8	37,8	0,1	-1,0	4,4
DM16	09-jun	15:36	H32	26,1	47,4	2,3	-1,0	0,2
DM16	09-jun	15:39	H40	62,0	37,5	0,3	-1,0	3,1
DM16	09-jun	15:42	H31	52,2	35,6	2,1	-1,0	0,9
DM16	09-jun	15:45	H30	60,5	39,0	0,4	0,0	31,2
DM16	09-jun	15:48	H29	60,4	38,8	0,6	-1,0	1,9
DM16	09-jun	15:51	H28	58,2	41,3	0,3	-1,0	3,3
DM16	09-jun	15:54	H41	61,6	37,9	0,4	-1,0	4,1
DM16	09-jun	15:57	H27	61,8	37,9	0,2	-2,0	0,2
DM16	09-jun	16:00	H42	62,8	36,8	0,2	-2,0	3,9
DM16	09-jun	16:03	H43	61,8	37,6	0,4	-2,0	3,6
DM16	09-jun	16:06	H26	41,2	31,6	0,8	-2,0	0,0
DM16	09-jun	16:09	H44	63,2	36,4	0,3	-2,0	0,9
DM16	09-jun	16:12	H25	60,6	39,0	0,3	-2,0	0,9
DM16	09-jun	16:15	V5	58,1	41,3	0,2	0,0	3,6
DM16	09-jun	16:18	V4	54,7	44,7	0,4	0,0	3,7
DM16	09-jun	16:21	V3	56,6	42,8	0,4	0,0	4,2
DM16	09-jun	16:24	V17	56,7	42,7	0,4	-1,0	3,2
DM16	09-jun	16:27	V16	58,9	40,5	0,4	-1,0	3,4
DM16	09-jun	16:30	V2	57,8	41,6	0,4	-1,0	3,9
DM16	09-jun	16:33	V1	60,8	38,6	0,4	-1,0	3,1

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM17	11-jun	15:00	H49	47,8	31,9	3,8	0,0	-1,9
DM17	11-jun	15:03	H48	61,6	38,4	0,0	0,0	3,4
DM17	11-jun	15:06	H36	7,4	9,0	13,7	0,0	-1,9
DM17	11-jun	15:09	H47	61,1	38,9	9,0	0,0	9,6
DM17	11-jun	15:12	H35	11,6	9,0	14,8	-1,0	-1,0
DM17	11-jun	15:15	H46	61,5	38,5	0,0	0,0	2,4
DM17	11-jun	15:18	H45	61,7	38,3	0,0	0,0	-1,9
DM17	11-jun	15:21	H34	13,3	8,9	16,2	0,0	-1,0
DM17	11-jun	15:24	H37	62,2	37,7	0,0	0,0	16,2
DM17	11-jun	15:27	H38	62,7	37,3	0,0	-1,0	0,4
DM17	11-jun	15:30	H33	4,2	16,4	5,3	-1,0	-1,0
DM17	11-jun	15:33	H39	61,8	38,2	0,0	0,0	5,2
DM17	11-jun	15:36	H32	61,3	38,7	0,0	-1,0	-0,1
DM17	11-jun	15:39	H40	62,8	37,2	0,0	-1,0	1,0
DM17	11-jun	15:42	H31	7,2	6,6	15,7	0,0	-1,9
DM17	11-jun	15:45	H30	61,1	38,9	0,0	-1,0	21,4
DM17	11-jun	15:48	H29	61,2	38,7	0,0	-1,0	0,1
DM17	11-jun	15:51	H28	59,8	40,2	0,0	0,0	-1,4
DM17	11-jun	15:54	H41	62,0	38,0	0,0	1,0	-1,0
DM17	11-jun	15:57	H27	62,6	37,4	0,0	0,0	-1,0
DM17	11-jun	16:00	H42	63,2	36,8	0,0	-1,0	-1,6
DM17	11-jun	16:03	H43	62,6	37,4	0,0	-1,0	1,2
DM17	11-jun	16:06	H26	35,5	29,4	3,2	-1,0	1,0
DM17	11-jun	16:09	H44	63,3	36,7	0,0	-1,0	1,4
DM17	11-jun	16:12	H25	61,0	39,0	0,0	-1,0	0,9
DM17	11-jun	16:15	V5	58,8	41,2	0,0	-1,0	1,0
DM17	11-jun	16:18	V4	55,3	44,7	0,0	-1,0	1,0
DM17	11-jun	16:21	V3	57,2	42,8	0,0	-2,0	1,0
DM17	11-jun	16:24	V17	60,3	39,6	0,0	-2,0	-1,0
DM17	11-jun	16:27	V16	59,4	40,6	0,0	-2,0	1,0
DM17	11-jun	16:30	V2	58,5	41,5	0,0	-2,0	-1,9
DM17	11-jun	16:33	V1	60,5	39,0	0,4	-2,0	1,2

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM18	12-jun	15:30	H49	59,9	38,3	1,6	-1,0	-10,8
DM18	12-jun	15:33	H48	60,9	39,1	0,0	-1,0	-10,4
DM18	12-jun	15:36	H36	56,0	44,0	0,0	0,0	0,2
DM18	12-jun	15:39	H47	60,7	39,3	0,0	-1,0	-9,2
DM18	12-jun	15:42	H35	58,8	41,2	0,0	0,0	0,1
DM18	12-jun	15:45	H46	49,6	37,2	0,0	-1,0	-10,5
DM18	12-jun	15:48	H45	61,0	39,0	0,0	-2,0	-10,1
DM18	12-jun	15:51	H34	24,6	16,7	11,4	-1,0	-1,0
DM18	12-jun	15:54	H37	62,0	38,0	0,0	-2,0	-6,4
DM18	12-jun	15:57	H38	57,6	35,2	1,9	-1,0	0,1
DM18	12-jun	16:00	H33	2,7	14,6	6,4	-1,0	0,1
DM18	12-jun	16:03	H39	41,9	31,9	0,6	-2,0	-7,7
DM18	12-jun	16:06	H32	60,7	39,2	0,0	-1,0	-1,5
DM18	12-jun	16:09	H40	54,5	37,0	0,7	-2,0	-2,5
DM18	12-jun	16:12	H31	61,8	38,0	0,0	-1,0	0,0
DM18	12-jun	16:15	H30	60,5	39,4	0,1	-2,0	-11,8
DM18	12-jun	16:18	H29	60,6	38,6	0,6	-2,0	-8,7
DM18	12-jun	16:21	H28	58,4	41,5	0,0	-2,0	4,8
DM18	12-jun	16:24	H41	58,9	36,6	2,0	-2,0	-7,1
DM18	12-jun	16:27	H27	61,8	38,2	0,0	-2,0	0,4
DM18	12-jun	16:30	H42	63,5	36,5	0,0	-3,0	-8,5
DM18	12-jun	16:33	H43	62,8	37,2	0,0	-3,0	-9,6
DM18	12-jun	16:36	H26	35,1	28,9	0,0	-2,0	1,4
DM18	12-jun	16:39	H44	63,8	36,2	0,0	-3,0	-1,5
DM18	12-jun	16:42	H25	54,7	37,9	0,0	-3,0	-6,4
DM18	12-jun	16:45	V5	58,4	41,6	0,0	-2,0	13,5
DM18	12-jun	16:48	V4	55,1	44,9	0,0	-2,0	11,8
DM18	12-jun	16:51	V3	57,1	42,9	0,0	-2,0	10,2
DM18	12-jun	16:54	V17	60,3	39,7	0,0	-2,0	3,5
DM18	12-jun	16:57	V16	58,7	41,3	0,0	-2,0	9,6
DM18	12-jun	17:00	V2	58,0	42,0	0,0	-2,0	13,8
DM18	12-jun	17:03	V1	61,2	38,8	0,0	-2,0	11,2

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM19	15-jun	15:30	H49	57,4	37,7	2,2	0,0	-4,7
DM19	15-jun	15:33	H48	60,7	39,3	0,0	0,0	-3,6
DM19	15-jun	15:36	H36	55,8	44,2	0,0	0,0	0,1
DM19	15-jun	15:39	H47	60,4	39,6	0,0	1,0	-5,8
DM19	15-jun	15:42	H35	58,0	42,0	0,0	1,0	0,1
DM19	15-jun	15:45	H46	56,0	38,6	0,0	0,0	-7,3
DM19	15-jun	15:48	H45	61,4	38,6	0,0	0,0	-5,8
DM19	15-jun	15:51	H34	23,7	16,3	11,3	1,0	0,0
DM19	15-jun	15:54	H37	61,8	38,2	0,0	0,0	-3,2
DM19	15-jun	15:57	H38	61,7	38,3	0,0	0,0	0,1
DM19	15-jun	16:00	H33	2,9	15,6	5,0	0,0	-0,2
DM19	15-jun	16:03	H39	61,3	38,7	0,0	0,0	1,8
DM19	15-jun	16:06	H32	44,7	34,6	0,7	0,0	-4,2
DM19	15-jun	16:09	H40	62,0	38,0	0,0	0,0	-2,2
DM19	15-jun	16:12	H31	22,8	19,1	8,9	-1,0	-3,2
DM19	15-jun	16:15	H30	60,4	39,5	0,0	-1,0	-5,1
DM19	15-jun	16:18	H29	60,4	39,3	0,1	-1,0	0,4
DM19	15-jun	16:21	H28	1,2	2,9	17,0	-1,0	-0,2
DM19	15-jun	16:24	H41	58,2	36,7	1,5	-1,0	-3,2
DM19	15-jun	16:27	H27	61,7	38,3	0,0	-1,0	-1,8
DM19	15-jun	16:30	H42	61,9	38,1	0,0	-2,0	-6,2
DM19	15-jun	16:33	H43	62,1	37,8	0,0	-2,0	-6,4
DM19	15-jun	16:36	H26	29,2	26,1	0,0	-2,0	-0,1
DM19	15-jun	16:39	H44	63,2	36,8	0,0	-2,0	-2,2
DM19	15-jun	16:42	H25	61,1	38,9	0,0	-2,0	-6,4
DM19	15-jun	16:45	V5	59,0	40,8	0,1	0,0	-0,9
DM19	15-jun	16:48	V4	55,8	43,8	0,2	0,0	0,1
DM19	15-jun	16:51	V3	57,1	41,9	0,8	0,0	0,1
DM19	15-jun	16:54	V17	35,3	22,2	8,8	0,0	0,4
DM19	15-jun	16:57	V16	60,4	39,3	0,2	0,0	0,1
DM19	15-jun	17:00	V2	59,0	40,8	0,0	0,0	0,0
DM19	15-jun	17:03	V1	54,2	33,7	3,4	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM20	16-jun	16:00	H49	60,7	37,9	1,2	-1,0	-10,2
DM20	16-jun	16:03	H48	61,4	38,6	0,0	-1,0	-9,1
DM20	16-jun	16:06	H36	56,9	43,1	0,0	-1,0	-0,9
DM20	16-jun	16:09	H47	61,0	38,9	0,0	-1,0	-8,8
DM20	16-jun	16:12	H35	59,6	40,4	0,0	-1,0	1,0
DM20	16-jun	16:15	H46	45,7	33,8	0,0	-1,0	-9,7
DM20	16-jun	16:18	H45	57,7	37,2	0,0	-2,0	-7,9
DM20	16-jun	16:21	H34	25,5	17,1	10,9	-1,0	1,2
DM20	16-jun	16:24	H37	61,9	38,1	0,0	-1,0	-5,9
DM20	16-jun	16:27	H38	62,4	37,5	0,0	-2,0	0,0
DM20	16-jun	16:30	H33	4,8	17,4	2,8	-1,0	1,2
DM20	16-jun	16:33	H39	62,0	38,0	0,0	-1,0	1,1
DM20	16-jun	16:36	H32	61,4	38,6	0,0	-2,0	0,0
DM20	16-jun	16:39	H40	52,2	35,2	1,0	-2,0	-1,9
DM20	16-jun	16:42	H31	37,2	26,0	4,8	-2,0	0,0
DM20	16-jun	16:45	H30	60,9	39,1	0,0	-2,0	-9,4
DM20	16-jun	16:48	H29	61,4	38,4	0,1	0,0	19,8
DM20	16-jun	16:51	H28	58,5	41,5	0,0	-2,0	-9,2
DM20	16-jun	16:54	H41	58,1	35,8	2,2	-2,0	-5,4
DM20	16-jun	16:57	H27	62,5	37,5	0,0	-3,0	-9,3
DM20	16-jun	17:00	H42	63,3	36,7	0,0	-3,0	-8,4
DM20	16-jun	17:03	H43	62,6	37,4	0,0	-4,0	-10,2
DM20	16-jun	17:06	H26	29,8	26,1	0,0	-3,0	0,0
DM20	16-jun	17:09	H44	63,5	36,5	0,0	-3,0	-1,9
DM20	16-jun	17:12	H25	55,2	37,3	0,0	-3,0	-1,9
DM20	16-jun	17:15	V5	58,2	41,7	0,0	1,0	12,4
DM20	16-jun	17:18	V4	55,4	44,5	0,0	0,0	11,4
DM20	16-jun	17:21	V3	57,7	42,3	0,0	0,0	3,1
DM20	16-jun	17:24	V17	60,6	39,4	0,0	0,0	3,0
DM20	16-jun	17:27	V16	59,7	40,3	0,0	0,0	4,2
DM20	16-jun	17:30	V2	58,3	41,7	0,0	1,0	15,7
DM20	16-jun	17:33	V1	61,0	39,0	0,0	0,0	4,4

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM21	17-jun	16:00	H49	61,8	37,5	0,5	0,0	-1,9
DM21	17-jun	16:03	H48	62,5	37,5	0,0	0,0	1,4
DM21	17-jun	16:06	H36	57,3	42,7	0,0	0,0	0,0
DM21	17-jun	16:09	H47	62,1	37,9	0,0	0,0	1,2
DM21	17-jun	16:12	H35	59,6	40,4	0,0	0,0	1,2
DM21	17-jun	16:15	H46	62,7	37,3	0,0	0,0	1,4
DM21	17-jun	16:18	H45	62,6	37,4	0,0	0,0	2,1
DM21	17-jun	16:21	H34	26,8	17,8	10,5	0,0	0,0
DM21	17-jun	16:24	H37	62,2	37,7	0,0	0,0	3,4
DM21	17-jun	16:27	H38	28,0	17,4	9,6	0,0	0,0
DM21	17-jun	16:30	H33	4,9	7,1	13,7	-1,0	0,0
DM21	17-jun	16:33	H39	62,4	37,6	0,0	-1,0	3,3
DM21	17-jun	16:36	H32	61,8	38,2	0,0	-1,0	-1,0
DM21	17-jun	16:39	H40	61,7	38,3	0,0	-1,0	1,2
DM21	17-jun	16:42	H31	9,8	10,1	13,5	-1,0	0,0
DM21	17-jun	16:45	H30	61,0	39,0	0,0	0,0	1,3
DM21	17-jun	16:48	H29	61,7	38,3	0,0	-1,0	16,2
DM21	17-jun	16:51	H28	59,1	40,8	0,0	-1,0	1,3
DM21	17-jun	16:54	H41	61,8	37,4	0,6	-1,0	0,6
DM21	17-jun	16:57	H27	62,2	37,8	0,0	-1,0	0,0
DM21	17-jun	17:00	H42	63,1	36,9	0,0	-1,0	0,4
DM21	17-jun	17:03	H43	62,4	37,6	0,0	-1,0	0,2
DM21	17-jun	17:06	H26	27,8	25,7	0,0	-1,0	0,0
DM21	17-jun	17:09	H44	63,4	36,6	0,0	-1,0	-1,8
DM21	17-jun	17:12	H25	61,3	38,7	0,0	-1,0	0,0
DM21	17-jun	17:15	V5	58,7	41,3	0,0	0,0	3,2
DM21	17-jun	17:18	V4	55,8	44,2	0,0	0,0	3,0
DM21	17-jun	17:21	V3	57,4	42,6	0,0	0,0	3,1
DM21	17-jun	17:24	V17	60,5	39,5	0,0	0,0	0,0
DM21	17-jun	17:27	V16	59,6	40,1	0,1	0,0	3,0
DM21	17-jun	17:30	V2	58,8	41,2	0,0	0,0	3,9
DM21	17-jun	17:33	V1	60,8	38,6	0,4	0,0	1,4

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM22	18-jun	16:00	H49	66,2	31,7	2,0	0,0	2,4
DM22	18-jun	16:03	H48	66,4	33,6	0,0	0,0	8,2
DM22	18-jun	16:06	H36	58,4	41,6	0,0	0,0	0,9
DM22	18-jun	16:09	H47	62,8	37,2	0,0	0,0	11,2
DM22	18-jun	16:12	H35	60,2	39,8	0,0	0,0	3,1
DM22	18-jun	16:15	H46	62,2	37,8	0,0	0,0	7,2
DM22	18-jun	16:18	H45	62,5	37,5	0,0	0,0	13,6
DM22	18-jun	16:21	H34	29,6	19,5	9,6	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:24	H37	62,3	37,6	0,0	0,0	16,8
DM22	18-jun	16:27	H38	56,3	34,0	2,5	0,0	0,9
DM22	18-jun	16:30	H33	6,4	17,4	3,7	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:33	H39	61,6	38,4	0,0	0,0	5,8
DM22	18-jun	16:36	H32	61,4	38,6	0,0	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:39	H40	62,4	37,6	0,0	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:42	H31	61,9	38,1	0,0	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:45	H30	61,2	38,8	0,0	1,0	22,6
DM22	18-jun	16:48	H29	61,8	38,2	0,0	1,0	13,8
DM22	18-jun	16:51	H28	0,8	1,5	19,7	0,0	0,0
DM22	18-jun	16:54	H41	60,1	36,6	1,7	0,0	-4,5
DM22	18-jun	16:57	H27	62,4	37,5	0,0	0,0	0,0
DM22	18-jun	17:00	H42	63,0	37,0	0,0	0,0	-6,7
DM22	18-jun	17:03	H43	62,6	37,4	0,0	0,0	-6,0
DM22	18-jun	17:06	H26	34,2	27,7	0,0	0,0	0,0
DM22	18-jun	17:09	H44	63,7	36,3	0,0	-1,0	-6,1
DM22	18-jun	17:12	H25	59,8	39,4	0,0	-1,0	-5,7
DM22	18-jun	17:15	V5	53,6	37,1	2,7	0,0	-0,3
DM22	18-jun	17:18	V4	48,6	37,5	3,6	0,0	-0,7
DM22	18-jun	17:21	V3	47,3	34,8	4,3	0,0	-0,3
DM22	18-jun	17:24	V17	19,0	11,1	14,3	0,0	-1,1
DM22	18-jun	17:27	V16	47,0	30,8	5,1	0,0	-2,2
DM22	18-jun	17:30	V2	52,5	36,8	2,9	0,0	-0,4
DM22	18-jun	17:33	V1	44,5	27,2	6,2	0,0	-1,8

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM23	22-jun	16:30	H49	51,3	27,6	5,0	0,0	0,1
DM23	22-jun	16:33	H48	61,7	38,3	0,0	0,0	-11,5
DM23	22-jun	16:36	H36	55,7	44,3	0,0	0,0	0,1
DM23	22-jun	16:39	H47	60,5	39,3	0,0	-1,0	-12,1
DM23	22-jun	16:42	H35	58,5	41,5	0,0	0,0	0,2
DM23	22-jun	16:45	H46	50,8	36,8	0,0	0,0	-11,4
DM23	22-jun	16:48	H45	59,7	38,7	0,0	-1,0	-9,7
DM23	22-jun	16:51	H34	27,1	18,9	10,2	0,0	0,0
DM23	22-jun	16:54	H37	61,1	38,9	0,0	-1,0	-7,4
DM23	22-jun	16:57	H38	30,8	20,5	8,1	-1,0	-0,1
DM23	22-jun	17:00	H33	3,4	14,5	6,5	-1,0	-0,1
DM23	22-jun	17:03	H39	32,3	28,9	2,7	-1,0	-11,9
DM23	22-jun	17:06	H32	35,1	29,7	2,1	-1,0	-0,1
DM23	22-jun	17:09	H40	40,2	30,3	2,9	-1,0	-5,4
DM23	22-jun	17:12	H31	21,1	18,1	9,6	0,0	0,0
DM23	22-jun	17:15	H30	60,5	39,5	0,0	-1,0	-10,3
DM23	22-jun	17:18	H29	49,1	34,7	1,8	1,0	10,8
DM23	22-jun	17:21	H28	1,6	3,3	18,2	0,0	0,0
DM23	22-jun	17:24	H41	57,6	35,9	2,2	-2,0	-8,3
DM23	22-jun	17:27	H27	32,8	29,4	0,4	-1,0	0,0
DM23	22-jun	17:30	H42	62,7	37,3	0,0	-2,0	-8,7
DM23	22-jun	17:33	H43	61,8	38,2	0,0	-2,0	-8,8
DM23	22-jun	17:36	H26	31,2	27,9	0,0	-1,0	0,9
DM23	22-jun	17:39	H44	63,3	36,7	0,0	-2,0	-7,6
DM23	22-jun	17:42	H25	55,1	38,9	0,0	-2,0	-8,4
DM23	22-jun	17:45	V5	54,3	37,9	2,4	0,0	0,0
DM23	22-jun	17:48	V4	52,7	40,9	2,3	0,0	0,0
DM23	22-jun	17:51	V3	55,7	40,9	1,5	0,0	0,9
DM23	22-jun	17:54	V17	21,1	15,1	12,1	0,0	3,8
DM23	22-jun	17:57	V16	59,8	40,0	0,1	0,0	0,0
DM23	22-jun	18:00	V2	58,5	41,0	0,4	0,0	0,0
DM23	22-jun	18:03	V1	57,4	36,5	2,4	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM24	23-jun	15:30	H49	49,7	25,1	5,7	0,0	0,1
DM24	23-jun	15:33	H48	64,4	35,4	0,1	0,0	8,2
DM24	23-jun	15:36	H36	58,4	41,5	0,0	0,0	0,3
DM24	23-jun	15:39	H47	61,5	38,5	0,0	0,0	10,6
DM24	23-jun	15:42	H35	59,4	40,0	0,5	0,0	0,3
DM24	23-jun	15:45	H46	54,1	34,8	2,7	0,0	6,3
DM24	23-jun	15:48	H45	61,9	38,1	0,0	0,0	12,1
DM24	23-jun	15:51	H34	19,2	12,9	13,7	0,0	0,1
DM24	23-jun	15:54	H37	61,9	37,9	0,0	1,0	16,8
DM24	23-jun	15:57	H38	12,3	7,6	16,4	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:00	H33	16,4	10,8	14,5	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:03	H39	17,2	10,8	14,7	0,0	2,6
DM24	23-jun	16:06	H32	16,4	10,5	14,8	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:09	H40	14,0	9,1	15,6	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:12	H31	12,3	7,2	16,5	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:15	H30	60,9	38,9	0,0	2,0	24,4
DM24	23-jun	16:18	H29	57,3	38,1	0,3	1,0	4,4
DM24	23-jun	16:21	H28	58,0	41,9	0,0	0,0	5,2
DM24	23-jun	16:24	H41	62,6	37,3	0,0	0,0	10,6
DM24	23-jun	16:27	H27	34,1	23,9	8,0	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:30	H42	63,1	36,8	0,0	0,0	7,8
DM24	23-jun	16:33	H43	63,0	37,0	0,0	0,0	7,1
DM24	23-jun	16:36	H26	25,5	26,0	1,1	0,0	0,0
DM24	23-jun	16:39	H44	63,9	36,1	0,0	0,0	6,8
DM24	23-jun	16:42	H25	62,3	36,8	0,7	0,0	4,4
DM24	23-jun	16:45	V5	58,9	41,1	0,0	0,0	1,7
DM24	23-jun	16:48	V4	56,0	44,0	0,0	0,0	1,2
DM24	23-jun	16:51	V3	57,2	42,8	0,0	0,0	1,2
DM24	23-jun	16:54	V17	28,0	19,2	10,0	0,0	1,4
DM24	23-jun	16:57	V16	60,0	40,0	0,0	0,0	3,6
DM24	23-jun	17:00	V2	58,8	41,2	0,0	0,0	3,3
DM24	23-jun	17:03	V1	61,3	38,7	0,0	0,0	3,1

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM25	24-jun	15:30	H49	45,3	25,6	5,5	0,0	-3,4
DM25	24-jun	15:33	H48	64,8	35,1	0,0	0,0	5,7
DM25	24-jun	15:36	H36	58,4	41,6	0,0	0,0	0,0
DM25	24-jun	15:39	H47	62,5	37,4	0,0	1,0	9,2
DM25	24-jun	15:42	H35	59,5	40,4	0,0	0,0	0,0
DM25	24-jun	15:45	H46	61,2	38,8	0,0	1,0	5,4
DM25	24-jun	15:48	H45	62,3	37,7	0,0	1,0	10,8
DM25	24-jun	15:51	H34	14,6	10,1	14,5	0,0	0,0
DM25	24-jun	15:54	H37	62,1	37,8	0,0	0,0	15,5
DM25	24-jun	15:57	H38	28,4	18,6	9,3	0,0	0,0
DM25	24-jun	16:00	H33	4,4	14,7	6,0	0,0	0,0
DM25	24-jun	16:03	H39	61,7	38,1	0,0	0,0	2,8
DM25	24-jun	16:06	H32	61,2	38,8	0,0	0,0	0,0
DM25	24-jun	16:09	H40	62,4	37,6	0,0	2,0	1,0
DM25	24-jun	16:12	H31	26,4	22,5	6,7	-1,0	0,0
DM25	24-jun	16:15	H30	61,1	38,9	0,0	0,0	22,4
DM25	24-jun	16:18	H29	49,9	32,0	3,8	0,0	-8,7
DM25	24-jun	16:21	H28	26,1	18,3	11,2	0,0	0,0
DM25	24-jun	16:24	H41	57,8	35,3	2,3	-1,0	-7,2
DM25	24-jun	16:27	H27	21,8	21,6	3,7	-1,0	0,0
DM25	24-jun	16:30	H42	63,0	36,8	0,1	0,0	-9,6
DM25	24-jun	16:33	H43	62,6	37,4	0,0	-1,0	-8,8
DM25	24-jun	16:36	H26	25,6	26,3	0,1	0,0	0,0
DM25	24-jun	16:39	H44	63,6	36,5	0,0	-1,0	-7,9
DM25	24-jun	16:42	H25	51,4	36,0	0,0	-1,0	-8,2
DM25	24-jun	16:45	V5	53,5	36,3	2,9	-1,0	-0,7
DM25	24-jun	16:48	V4	48,9	37,4	3,8	-1,0	0,0
DM25	24-jun	16:51	V3	52,9	38,1	2,6	-1,0	0,0
DM25	24-jun	16:54	V17	19,4	13,7	12,8	-1,0	-3,9
DM25	24-jun	16:57	V16	60,3	39,3	0,2	0,0	0,0
DM25	24-jun	17:00	V2	58,8	40,5	0,5	0,0	-0,4
DM25	24-jun	17:03	V1	56,5	34,7	2,8	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM26	29-jun	10:30	H49	58,4	27,9	3,2	-1,0	-3,5
DM26	29-jun	10:33	H48	62,5	37,4	0,0	0,0	-6,7
DM26	29-jun	10:36	H36	2,3	3,5	17,1	0,0	0,0
DM26	29-jun	10:39	H47	61,4	38,4	0,1	0,0	-3,5
DM26	29-jun	10:42	H35	7,1	5,5	16,9	0,0	0,0
DM26	29-jun	10:45	H46	58,2	38,2	0,0	0,0	-3,5
DM26	29-jun	10:48	H45	62,9	37,9	0,0	0,0	-3,5
DM26	29-jun	10:51	H34	8,2	6,1	16,1	0,0	-0,3
DM26	29-jun	10:54	H37	63,4	36,5	0,0	0,0	-3,5
DM26	29-jun	10:57	H38	38,7	25,6	5,3	0,0	0,0
DM26	29-jun	11:00	H33	5,7	14,6	5,4	0,0	-0,4
DM26	29-jun	11:03	H39	63,7	36,3	0,0	0,0	-3,5
DM26	29-jun	11:06	H32	16,1	11,1	11,6	0,0	-0,5
DM26	29-jun	11:09	H40	58,3	34,8	1,1	-1,0	-3,5
DM26	29-jun	11:12	H31	11,2	11,4	12,9	0,0	0,0
DM26	29-jun	11:15	H30	62,2	37,8	0,0	0,0	-7,6
DM26	29-jun	11:18	H29	55,8	37,5	0,4	0,0	-3,6
DM26	29-jun	11:21	H28	29,3	23,3	8,5	0,0	2,6
DM26	29-jun	11:24	H41	60,0	36,9	1,5	-1,0	-4,0
DM26	29-jun	11:27	H27	18,2	21,0	4,3	0,0	-3,7
DM26	29-jun	11:30	H42	62,6	37,3	0,0	-1,0	-6,6
DM26	29-jun	11:33	H43	62,4	37,6	0,0	0,0	-3,1
DM26	29-jun	11:36	H26	31,2	27,2	0,0	-1,0	1,9
DM26	29-jun	11:39	H44	63,0	37,0	0,0	-1,0	-3,8
DM26	29-jun	11:42	H25	61,3	38,5	0,0	0,0	-3,0
DM26	29-jun	11:45	V5	58,7	41,3	0,0	0,0	0,2
DM26	29-jun	11:48	V4	55,6	44,4	0,0	0,0	0,8
DM26	29-jun	11:51	V3	56,6	43,2	0,0	0,0	2,4
DM26	29-jun	11:54	V17	51,4	33,7	3,1	0,0	0,0
DM26	29-jun	11:57	V16	59,4	40,6	0,0	0,0	3,2
DM26	29-jun	12:00	V2	58,4	41,5	0,0	0,0	3,7
DM26	29-jun	12:03	V1	60,5	39,5	0,0	0,0	0,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM27	30-jun	11:30	H49	42,9	27,5	4,2	0,0	0,0
DM27	30-jun	11:33	H48	61,1	38,7	0,0	1,0	7,5
DM27	30-jun	11:36	H36	60,1	39,9	0,0	1,0	4,4
DM27	30-jun	11:39	H47	61,5	38,5	0,0	1,0	7,2
DM27	30-jun	11:42	H35	58,6	40,7	0,6	0,0	0,2
DM27	30-jun	11:45	H46	57,2	38,9	0,0	0,0	5,8
DM27	30-jun	11:48	H45	61,1	38,8	0,0	0,0	6,4
DM27	30-jun	11:51	H34	19,4	14,7	12,7	0,0	0,0
DM27	30-jun	11:54	H37	62,0	38,0	0,0	1,0	6,9
DM27	30-jun	11:57	H38	42,3	27,8	5,5	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:00	H33	31,6	23,4	8,1	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:03	H39	58,6	38,9	0,4	0,0	3,6
DM27	30-jun	12:06	H32	53,9	38,1	1,2	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:09	H40	59,6	40,2	0,0	0,0	2,6
DM27	30-jun	12:12	H31	51,5	37,1	2,4	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:15	H30	59,8	40,1	0,0	0,0	3,1
DM27	30-jun	12:18	H29	61,1	38,6	0,2	0,0	5,1
DM27	30-jun	12:21	H28	53,8	41,3	1,8	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:24	H41	61,8	38,2	0,0	0,0	5,2
DM27	30-jun	12:27	H27	59,2	40,7	0,0	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:30	H42	62,3	37,6	0,0	0,0	4,8
DM27	30-jun	12:33	H43	62,3	37,5	0,0	0,0	4,9
DM27	30-jun	12:36	H26	59,3	40,7	0,0	0,0	0,0
DM27	30-jun	12:39	H44	62,8	37,2	0,0	0,0	4,8
DM27	30-jun	12:42	H25	56,7	38,0	0,0	0,0	5,0
DM27	30-jun	12:45	V5	58,5	41,5	0,0	0,0	5,7
DM27	30-jun	12:48	V4	54,9	45,1	0,0	0,0	4,6
DM27	30-jun	12:51	V3	56,4	43,4	0,0	0,0	4,2
DM27	30-jun	12:54	V17	55,9	44,1	0,0	0,0	1,7
DM27	30-jun	12:57	V16	58,5	41,4	0,0	0,0	3,8
DM27	30-jun	13:00	V2	58,3	41,5	0,0	0,0	4,2
DM27	30-jun	13:03	V1	59,9	39,9	0,0	0,0	3,1

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressãot	Q
DM28	01-jul	12:00	H49	36,5	25,4	5,3	0,0	0,0
DM28	01-jul	12:03	H48	58,2	40,0	0,1	-1,0	-11,7
DM28	01-jul	12:06	H36	2,7	3,8	17,4	0,0	0,0
DM28	01-jul	12:09	H47	55,8	38,9	0,5	-1,0	-9,4
DM28	01-jul	12:12	H35	46,2	37,1	2,3	0,0	0,0
DM28	01-jul	12:15	H46	47,6	36,1	0,1	0,0	-5,7
DM28	01-jul	12:18	H45	53,2	37,5	0,2	-1,0	-9,1
DM28	01-jul	12:21	H34	23,5	17,6	10,8	0,0	0,0
DM28	01-jul	12:24	H37	54,8	37,6	0,2	0,0	-7,5
DM28	01-jul	12:27	H38	34,6	24,7	5,7	0,0	-7,2
DM28	01-jul	12:30	H33	4,0	12,7	8,0	0,0	0,0
DM28	01-jul	12:33	H39	47,8	37,2	0,0	0,0	0,2
DM28	01-jul	12:36	H32	25,4	25,3	3,9	0,0	-1,4
DM28	01-jul	12:39	H40	37,2	30,1	2,6	0,0	-3,6
DM28	01-jul	12:42	H31	26,4	22,3	6,8	0,0	-10,2
DM28	01-jul	12:45	H30	57,7	40,2	0,1	-1,0	-12,4
DM28	01-jul	12:48	H29	35,2	24,3	7,2	-1,0	-12,3
DM28	01-jul	12:51	H28	0,8	3,8	18,7	0,0	-11,0
DM28	01-jul	12:54	H41	47,7	32,3	3,5	0,0	-10,8
DM28	01-jul	12:57	H27	34,2	29,7	0,8	-1,0	-10,7
DM28	01-jul	13:00	H42	59,1	38,0	0,1	-1,0	-11,8
DM28	01-jul	13:03	H43	58,5	38,5	0,1	-1,0	-12,4
DM28	01-jul	13:06	H26	21,6	26,2	1,3	0,0	-11,9
DM28	01-jul	13:09	H44	59,6	37,5	0,1	0,0	-9,1
DM28	01-jul	13:12	H25	43,8	35,2	0,6	0,0	-10,7
DM28	01-jul	13:15	V5	46,5	35,8	2,9	0,0	0,0
DM28	01-jul	13:18	V4	41,9	35,8	4,1	0,0	0,0
DM28	01-jul	13:21	V3	44,6	36,4	3,2	0,0	0,0
DM28	01-jul	13:24	V17	14,2	12,1	15,6	0,0	-4,1
DM28	01-jul	13:27	V16	43,7	32,5	3,8	1,0	-1,5
DM28	01-jul	13:30	V2	26,5	36,4	2,7	0,0	-1,8
DM28	01-jul	13:33	V1	36,1	24,4	7,3	0,0	-4,8

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM29	02-jul	15:30	H49	55,4	33,3	2,6	-1,0	-14,8
DM29	02-jul	15:33	H48	62,0	37,7	0,1	-1,0	15,5
DM29	02-jul	15:36	H36	28,1	25,7	6,3	0,0	-0,4
DM29	02-jul	15:39	H47	55,6	38,5	0,4	-1,0	-12,7
DM29	02-jul	15:42	H35	9,4	10,8	12,9	-1,0	-14,6
DM29	02-jul	15:45	H46	44,1	34,6	0,2	0,0	-7,2
DM29	02-jul	15:48	H45	50,0	36,2	0,2	0,0	-11,3
DM29	02-jul	15:51	H34	6,1	6,4	15,9	0,0	0,0
DM29	02-jul	15:54	H37	54,2	37,4	0,2	-1,0	-9,0
DM29	02-jul	15:57	H38	33,0	22,9	6,8	-1,0	-8,8
DM29	02-jul	16:00	H33	1,3	7,2	12,5	-1,0	-10,8
DM29	02-jul	16:03	H39	38,8	32,5	0,7	-1,0	-5,5
DM29	02-jul	16:06	H32	21,6	23,0	5,7	-1,0	-4,8
DM29	02-jul	16:09	H40	53,6	36,6	1,0	-1,0	-9,4
DM29	02-jul	16:12	H31	11,3	13,1	12,6	-1,0	-11,4
DM29	02-jul	16:15	H30	57,4	39,9	0,0	-1,0	-12,1
DM29	02-jul	16:18	H29	41,8	32,8	1,7	-1,0	-10,9
DM29	02-jul	16:21	H28	21,3	16,5	11,8	-1,0	-12,8
DM29	02-jul	16:24	H41	49,6	33,2	3,0	-1,0	-10,1
DM29	02-jul	16:27	H27	22,4	23,2	5,3	-1,0	-10,6
DM29	02-jul	16:30	H42	59,2	37,7	0,1	-1,0	-9,2
DM29	02-jul	16:33	H43	59,0	38,0	0,2	-1,0	-10,7
DM29	02-jul	16:36	H26	21,2	25,8	0,9	-1,0	-11,1
DM29	02-jul	16:39	H44	60,6	37,1	0,2	-1,0	-8,6
DM29	02-jul	16:42	H25	44,6	34,6	0,4	-1,0	-11,0
DM29	02-jul	16:45	V5	51,6	38,0	1,5	0,0	0,0
DM29	02-jul	16:48	V4	47,1	38,4	2,7	0,0	0,0
DM29	02-jul	16:51	V3	48,3	38,3	2,1	0,0	0,0
DM29	02-jul	16:54	V17	12,4	12,8	13,8	-1,0	-5,2
DM29	02-jul	16:57	V16	49,7	36,1	2,2	0,0	0,0
DM29	02-jul	17:00	V2	50,1	38,0	1,8	0,0	0,0
DM29	02-jul	17:03	V1	38,0	25,3	6,8	0,0	-4,6

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM30	03-jul	16:00	H49	48,6	34,5	4,2	-1,0	-14,8
DM30	03-jul	16:03	H48	59,9	30,0	0,1	-2,0	-13,7
DM30	03-jul	16:06	H36	21,8	22,0	8,4	-2,0	-10,6
DM30	03-jul	16:09	H47	56,6	38,8	0,4	-2,0	-13,3
DM30	03-jul	16:12	H35	16,6	13,9	12,7	-2,0	-12,1
DM30	03-jul	16:15	H46	58,5	38,9	0,3	-1,0	-13,2
DM30	03-jul	16:18	H45	48,7	35,3	0,5	-1,0	-10,5
DM30	03-jul	16:21	H34	6,1	5,4	15,9	-1,0	-8,2
DM30	03-jul	16:24	H37	52,9	36,9	0,1	-1,0	-8,0
DM30	03-jul	16:27	H38	28,1	18,9	9,4	-1,0	-6,2
DM30	03-jul	16:30	H33	4,6	4,6	16,6	-1,0	-11,7
DM30	03-jul	16:33	H39	38,6	31,9	1,1	-1,0	-5,1
DM30	03-jul	16:36	H32	19,8	21,5	6,3	-1,0	-3,8
DM30	03-jul	16:39	H40	36,7	29,0	2,7	-1,0	-5,9
DM30	03-jul	16:42	H31	20,6	18,4	9,1	-1,0	-8,8
DM30	03-jul	16:45	H30	58,4	39,9	0,1	-1,0	-11,7
DM30	03-jul	16:48	H29	40,4	32,6	1,9	-1,0	-11,4
DM30	03-jul	16:51	H28	2,3	2,0	18,5	-1,0	-9,8
DM30	03-jul	16:54	H41	48,4	32,4	3,3	-1,0	-9,1
DM30	03-jul	16:57	H27	29,3	28,2	0,9	-1,0	-10,6
DM30	03-jul	17:00	H42	58,7	38,0	0,0	-1,0	-9,8
DM30	03-jul	17:03	H43	57,4	38,1	0,3	-1,0	-11,2
DM30	03-jul	17:06	H26	20,2	25,5	0,6	-1,0	-12,4
DM30	03-jul	17:09	H44	59,4	37,1	0,1	-1,0	-9,1
DM30	03-jul	17:12	H25	43,2	34,1	0,5	-1,0	-10,6
DM30	03-jul	17:15	V5	41,1	31,2	4,8	0,0	-3,6
DM30	03-jul	17:18	V4	40,4	34,4	4,2	0,0	5,7
DM30	03-jul	17:21	V3	45,7	36,6	3,0	0,0	-6,7
DM30	03-jul	17:24	V17	15,4	12,9	13,6	0,0	-5,4
DM30	03-jul	17:27	V16	51,2	37,1	2,3	0,0	-4,5
DM30	03-jul	17:30	V2	50,3	38,0	1,7	0,0	-5,2
DM30	03-jul	17:33	V1	38,2	26,5	6,4	0,0	-3,1

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM31	06-jul	16:00	H49	25,2	34,9	3,2	-1,0	-14,3
DM31	06-jul	16:03	H48	36,8	39,4	0,1	-1,0	-13,8
DM31	06-jul	16:06	H36	6,2	26,7	7,3	-1,0	-13,6
DM31	06-jul	16:09	H47	35,2	38,2	0,4	-1,0	-14,1
DM31	06-jul	16:12	H35	12,1	21,4	9,3	-1,0	-11,8
DM31	06-jul	16:15	H46	23,2	30,1	0,7	-1,0	-10,7
DM31	06-jul	16:18	H45	42,4	35,1	0,2	-1,0	-11,1
DM31	06-jul	16:21	H34	4,6	7,2	15,5	-1,0	-7,6
DM31	06-jul	16:24	H37	57,8	36,5	0,2	-1,0	-9,3
DM31	06-jul	16:27	H38	40,4	20,8	7,7	-1,0	-8,6
DM31	06-jul	16:30	H33	3,1	14,8	6,4	-1,0	-11,9
DM31	06-jul	16:33	H39	47,6	30,7	1,5	-1,0	-9,5
DM31	06-jul	16:36	H32	10,7	14,8	10,9	-1,0	-4,6
DM31	06-jul	16:39	H40	45,8	33,9	2,3	-1,0	-2,8
DM31	06-jul	16:42	H31	6,1	8,2	15,3	-1,0	-2,5
DM31	06-jul	16:45	H30	64,3	35,6	0,0	-1,0	-9,7
DM31	06-jul	16:48	H29	44,2	34,2	0,8	0,0	0,0
DM31	06-jul	16:51	H28	35,9	28,7	5,9	0,0	0,0
DM31	06-jul	16:54	H41	58,8	34,8	2,0	-1,0	-6,8
DM31	06-jul	16:57	H27	17,8	19,7	4,7	0,0	0,0
DM31	06-jul	17:00	H42	60,6	37,4	0,1	-1,0	-7,7
DM31	06-jul	17:03	H43	58,8	37,9	0,0	-1,0	-7,1
DM31	06-jul	17:06	H26	23,5	25,1	0,1	-1,0	-6,8
DM31	06-jul	17:09	H44	59,0	36,5	0,1	-1,0	-7,2
DM31	06-jul	17:12	H25	45,6	34,2	0,5	-1,0	-7,5
DM31	06-jul	17:15	V5	54,9	41,1	0,1	0,0	3,7
DM31	06-jul	17:18	V4	51,4	45,8	0,0	0,0	3,9
DM31	06-jul	17:21	V3	52,9	43,1	0,0	0,0	3,7
DM31	06-jul	17:24	V17	55,7	39,6	0,0	0,0	3,5
DM31	06-jul	17:27	V16	55,2	41,1	0,0	0,0	4,1
DM31	06-jul	17:30	V2	54,4	41,9	0,0	0,0	3,9
DM31	06-jul	17:33	V1	56,4	38,9	0,0	0,0	3,3

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM32	07-jul	16:30	H49	56,4	31,0	4,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:33	H48	63,5	36,2	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:36	H36	54,3	45,5	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:39	H47	59,8	38,5	0,0	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:42	H35	33,8	26,0	6,9	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:45	H46	55,2	36,1	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:48	H45	57,2	37,1	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:51	H34	7,2	5,8	16,8	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:54	H37	57,9	37,4	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	16:57	H38	55,7	36,4	0,6	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:00	H33	10,4	18,3	3,8	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:03	H39	56,7	38,0	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:06	H32	53,8	38,0	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:09	H40	56,6	37,7	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:12	H31	36,6	26,8	4,6	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:15	H30	57,0	39,2	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:18	H29	57,1	38,6	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:21	H28	51,5	40,2	0,9	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:24	H41	57,3	38,2	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:27	H27	51,7	35,6	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:30	H42	58,4	37,2	0,0	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:33	H43	57,7	37,4	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:36	H26	45,3	32,9	1,9	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:39	H44	57,9	36,5	0,0	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:42	H25	56,8	39,2	0,0	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:45	V5	55,0	41,5	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:48	V4	51,4	45,4	0,2	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:51	V3	53,3	43,6	0,0	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:54	V17	55,5	40,2	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	17:57	V16	55,1	41,0	0,1	0,0	0,5
DM32	07-jul	18:00	V2	54,1	41,5	0,3	0,0	0,5
DM32	07-jul	18:03	V1	56,5	39,4	0,0	0,0	0,5

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM33	08-jul	16:00	H49	42,9	29,4	4,4	-1,0	-15,4
DM33	08-jul	16:03	H48	62,4	37,2	0,3	-1,0	-15,6
DM33	08-jul	16:06	H36	18,2	18,9	9,9	0,0	-7,3
DM33	08-jul	16:09	H47	58,8	38,2	0,3	0,0	-0,6
DM33	08-jul	16:12	H35	12,9	9,7	14,8	0,0	-7,4
DM33	08-jul	16:15	H46	45,7	35,3	0,3	0,0	-9,3
DM33	08-jul	16:18	H45	52,7	36,9	0,2	0,0	-7,5
DM33	08-jul	16:21	H34	4,6	3,7	17,8	0,0	-5,4
DM33	08-jul	16:24	H37	57,4	37,5	0,1	0,0	-7,4
DM33	08-jul	16:27	H38	26,9	19,5	7,9	0,0	-8,1
DM33	08-jul	16:30	H33	4,4	4,8	16,8	0,0	-10,5
DM33	08-jul	16:33	H39	29,2	27,8	2,8	-1,0	-12,1
DM33	08-jul	16:36	H32	12,6	15,4	10,4	-1,0	-12,9
DM33	08-jul	16:39	H40	46,3	33,4	2,1	0,0	-9,6
DM33	08-jul	16:42	H31	7,4	8,3	15,2	-1,0	-12,6
DM33	08-jul	16:45	H30	56,6	39,1	0,2	-1,0	-13,2
DM33	08-jul	16:48	H29	39,2	31,7	1,5	-1,0	-11,2
DM33	08-jul	16:51	H28	21,3	18,3	10,5	-1,0	-9,9
DM33	08-jul	16:54	H41	47,6	31,8	3,3	-1,0	-12,2
DM33	08-jul	16:57	H27	14,1	17,1	7,8	-1,0	-11,8
DM33	08-jul	17:00	H42	58,4	37,3	0,1	-1,0	-11,8
DM33	08-jul	17:03	H43	58,6	37,8	0,1	-1,0	-13,3
DM33	08-jul	17:06	H26	21,6	22,5	4,5	-1,0	-13,7
DM33	08-jul	17:09	H44	58,9	36,5	0,1	-1,0	-12,7
DM33	08-jul	17:12	H25	45,6	36,3	0,3	-1,0	-11,8
DM33	08-jul	17:15	V5	47,1	36,4	2,4	-1,0	-7,5
DM33	08-jul	17:18	V4	51,0	45,5	0,2	-1,0	-7,3
DM33	08-jul	17:21	V3	47,5	38,3	2,2	-1,0	-8,3
DM33	08-jul	17:24	V17	16,4	14,1	12,5	-1,0	-4,9
DM33	08-jul	17:27	V16	55,0	39,9	0,2	-1,0	-5,4
DM33	08-jul	17:30	V2	54,2	41,1	0,2	-1,0	-5,1
DM33	08-jul	17:33	V1	49,5	34,4	2,8	-1,0	-6,3

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM34	14-jul	16:00	H49	26,9	16,0	11,7	-1,0	-14,4
DM34	14-jul	16:03	H48	61,6	38,2	0,1	-1,0	-13,9
DM34	14-jul	16:06	H36	21,4	19,3	9,4	-1,0	-14,4
DM34	14-jul	16:09	H47	55,1	37,3	0,5	0,0	-14,3
DM34	14-jul	16:12	H35	15,2	13,4	12,9	0,0	-10,2
DM34	14-jul	16:15	H46	57,4	37,9	0,4	0,0	-12,1
DM34	14-jul	16:18	H45	46,6	32,9	0,4	0,0	-8,2
DM34	14-jul	16:21	H34	8,2	5,8	15,8	0,0	-7,3
DM34	14-jul	16:24	H37	55,3	37,0	0,1	0,0	-7,1
DM34	14-jul	16:27	H38	32,6	22,1	7,2	0,0	-7,8
DM34	14-jul	16:30	H33	4,4	5,7	16,7	0,0	-9,8
DM34	14-jul	16:33	H39	56,4	37,9	0,3	-1,0	-10,4
DM34	14-jul	16:36	H32	19,0	20,8	6,4	-1,0	-11,8
DM34	14-jul	16:39	H40	51,4	35,1	1,4	-1,0	-7,4
DM34	14-jul	16:42	H31	10,2	10,7	14,8	-1,0	-11,6
DM34	14-jul	16:45	H30	58,5	39,3	0,1	0,0	-10,8
DM34	14-jul	16:48	H29	44,9	32,9	1,4	-1,0	-10,1
DM34	14-jul	16:51	H28	1,4	2,4	17,5	-1,0	-11,7
DM34	14-jul	16:54	H41	47,8	32,9	2,9	-1,0	-7,5
DM34	14-jul	16:57	H27	36,4	29,8	1,0	-1,0	-13,1
DM34	14-jul	17:00	H42	57,2	36,6	0,3	-1,0	-9,3
DM34	14-jul	17:03	H43	54,7	36,6	0,4	-1,0	-12,7
DM34	14-jul	17:06	H26	26,4	27,2	0,9	-1,0	-13,2
DM34	14-jul	17:09	H44	56,8	36,5	0,7	-1,0	-13,2
DM34	14-jul	17:12	H25	41,6	31,8	0,8	-1,0	-12,4
DM34	14-jul	17:15	V5	52,2	38,9	0,9	-1,0	-5,4
DM34	14-jul	17:18	V4	50,8	43,7	0,7	-1,0	-3,9
DM34	14-jul	17:21	V3	52,8	43,2	0,3	-1,0	-4,2
DM34	14-jul	17:24	V17	16,1	15,4	12,1	-1,0	-4,7
DM34	14-jul	17:27	V16	54,6	39,5	0,3	-1,0	-6,3
DM34	14-jul	17:30	V2	35,1	41,6	0,0	-1,0	-6,8
DM34	14-jul	17:33	V1	57,2	39,2	0,1	-1,0	-7,4

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM35	15-jul	16:00	H49	19,3	16,4	12,9	-2,0	-12,1
DM35	15-jul	16:03	H48	58,3	34,2	2,2	-2,0	-9,4
DM35	15-jul	16:06	H36	10,4	11,2	13,9	-1,0	-13,1
DM35	15-jul	16:09	H47	39,1	22,3	7,5	-1,0	-13,6
DM35	15-jul	16:12	H35	38,2	25,1	7,3	-1,0	-12,3
DM35	15-jul	16:15	H46	24,5	18,7	7,1	0,0	-13,9
DM35	15-jul	16:18	H45	11,8	7,0	15,7	0,0	-8,4
DM35	15-jul	16:21	H34	3,4	2,3	18,8	0,0	-6,2
DM35	15-jul	16:24	H37	36,9	23,5	6,5	0,0	-10,2
DM35	15-jul	16:27	H38	23,9	14,0	11,8	0,0	-9,6
DM35	15-jul	16:30	H33	3,6	5,3	15,5	0,0	-13,5
DM35	15-jul	16:33	H39	16,3	13,7	10,7	0,0	-11,7
DM35	15-jul	16:36	H32	22,7	17,5	11,1	-1,0	-9,8
DM35	15-jul	16:39	H40	25,3	15,9	12,2	0,0	-7,1
DM35	15-jul	16:42	H31	33,7	22,4	7,2	0,0	-11,1
DM35	15-jul	16:45	H30	44,7	29,4	4,9	-1,0	-17,9
DM35	15-jul	16:48	H29	32,8	20,4	9,4	0,0	-14,1
DM35	15-jul	16:51	H28	5,4	7,9	15,2	0,0	-13,1
DM35	15-jul	16:54	H41	38,6	24,1	7,0	0,0	-13,5
DM35	15-jul	16:57	H27	26,3	19,8	6,2	-1,0	-7,8
DM35	15-jul	17:00	H42	31,4	17,0	10,3	-1,0	-10,2
DM35	15-jul	17:03	H43	46,5	29,0	4,4	-1,0	-14,3
DM35	15-jul	17:06	H26	23,7	18,9	7,0	-1,0	-12,1
DM35	15-jul	17:09	H44	44,2	26,5	5,1	-1,0	-12,1
DM35	15-jul	17:12	H25	32,6	24,6	5,1	-1,0	-12,9
DM35	15-jul	17:15	V5	37,0	27,3	6,2	0,0	-7,8
DM35	15-jul	17:18	V4	31,7	27,5	7,4	0,0	-7,8
DM35	15-jul	17:21	V3	23,2	18,6	10,9	0,0	-8,4
DM35	15-jul	17:24	V17	26,9	19,0	9,8	0,0	-9,3
DM35	15-jul	17:27	V16	41,2	29,2	4,8	0,0	-7,3
DM35	15-jul	17:30	V2	38,3	29,2	5,5	-1,0	-8,7
DM35	15-jul	17:33	V1	25,9	17,7	10,6	0,0	-8,5

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM36	17-jul	12:00	H49	17,0	12,9	13,1	-1,0	-14,6
DM36	17-jul	12:03	H48	18,8	13,4	12,9	-1,0	-15,0
DM36	17-jul	12:06	H36	12,4	11,0	14,7	-1,0	-14,3
DM36	17-jul	12:09	H47	23,5	15,4	11,7	0,0	-14,1
DM36	17-jul	12:12	H35	21,2	15,8	12,4	0,0	-12,5
DM36	17-jul	12:15	H46	20,2	12,5	13,4	-1,0	-13,2
DM36	17-jul	12:18	H45	21,1	13,3	12,9	-1,0	-12,3
DM36	17-jul	12:21	H34	4,1	3,3	18,2	0,0	-6,2
DM36	17-jul	12:24	H37	20,4	12,9	12,4	-1,0	-8,7
DM36	17-jul	12:27	H38	21,0	12,3	13,2	0,0	-8,2
DM36	17-jul	12:30	H33	4,6	7,3	13,7	0,0	-12,7
DM36	17-jul	12:33	H39	19,6	12,2	13,0	0,0	-14,3
DM36	17-jul	12:36	H32	17,2	10,4	14,5	0,0	-13,2
DM36	17-jul	12:39	H40	20,2	12,5	12,5	0,0	-8,3
DM36	17-jul	12:42	H31	13,9	9,3	15,4	0,0	-11,2
DM36	17-jul	12:45	H30	13,2	7,2	16,4	0,0	-15,5
DM36	17-jul	12:48	H29	20,6	13,4	13,1	0,0	-14,2
DM36	17-jul	12:51	H28	15,9	9,8	15,0	0,0	-12,7
DM36	17-jul	12:54	H41	13,2	7,1	16,2	-1,0	-11,8
DM36	17-jul	12:57	H27	14,7	8,0	14,8	-1,0	-10,2
DM36	17-jul	13:00	H42	14,1	8,3	15,7	-1,0	-13,6
DM36	17-jul	13:03	H43	22,4	13,3	12,2	-1,0	-15,1
DM36	17-jul	13:06	H26	13,8	9,1	13,0	-1,0	-13,6
DM36	17-jul	13:09	H44	19,6	11,7	12,5	-1,0	-13,4
DM36	17-jul	13:12	H25	14,7	7,3	15,0	-1,0	-12,7
DM36	17-jul	13:15	V5	23,8	16,9	11,7	-1,0	-10,8
DM36	17-jul	13:18	V4	21,6	15,2	12,7	-1,0	-9,5
DM36	17-jul	13:21	V3	13,8	9,2	16,0	-1,0	-11,5
DM36	17-jul	13:24	V17	16,8	11,2	14,6	-1,0	-7,8
DM36	17-jul	13:27	V16	17,2	11,0	14,6	-1,0	-9,6
DM36	17-jul	13:30	V2	18,2	12,5	13,8	-1,0	-9,9
DM36	17-jul	13:33	V1	14,0	7,8	16,0	-1,0	-12,0

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM37	20-jul	12:00	H49	9,7	7,3	16,2	-1,0	-16,0
DM37	20-jul	12:03	H48	17,9	12,0	13,8	-1,0	-17,2
DM37	20-jul	12:06	H36	3,9	5,4	17,3	-1,0	-15,8
DM37	20-jul	12:09	H47	15,8	10,4	14,6	0,0	6,8
DM37	20-jul	12:12	H35	9,6	7,1	16,3	0,0	5,7
DM37	20-jul	12:15	H46	13,5	8,9	15,1	0,0	5,4
DM37	20-jul	12:18	H45	13,8	9,2	14,7	0,0	5,6
DM37	20-jul	12:21	H34	9,3	9,2	14,5	0,0	3,0
DM37	20-jul	12:24	H37	17,4	10,8	13,9	0,0	8,8
DM37	20-jul	12:27	H38	16,7	12,4	13,3	0,0	3,7
DM37	20-jul	12:30	H33	19,3	13,9	11,8	0,0	3,6
DM37	20-jul	12:33	H39	11,2	7,8	16,4	0,0	5,4
DM37	20-jul	12:36	H32	15,4	10,2	14,7	0,0	2,4
DM37	20-jul	12:39	H40	14,6	9,9	14,0	0,0	3,1
DM37	20-jul	12:42	H31	19,0	11,2	13,7	0,0	2,6
DM37	20-jul	12:45	H30	16,2	10,6	14,5	0,0	-2,1
DM37	20-jul	12:48	H29	16,9	10,4	11,6	0,0	-7,6
DM37	20-jul	12:51	H28	13,5	9,4	15,8	0,0	-9,5
DM37	20-jul	12:54	H41	13,8	8,8	15,5	-1,0	-9,7
DM37	20-jul	12:57	H27	14,5	8,9	15,2	-1,0	-9,6
DM37	20-jul	13:00	H42	17,5	11,6	14,2	-1,0	-11,8
DM37	20-jul	13:03	H43	17,2	11,1	13,7	-1,0	-12,1
DM37	20-jul	13:06	H26	5,9	5,3	16,4	-1,0	-10,9
DM37	20-jul	13:09	H44	13,8	8,6	15,6	-1,0	-10,5
DM37	20-jul	13:12	H25	13,9	8,5	15,6	-1,0	-10,6
DM37	20-jul	13:15	V5	17,2	11,7	14,5	-1,0	-8,9
DM37	20-jul	13:18	V4	14,2	11,3	15,2	-1,0	-8,6
DM37	20-jul	13:21	V3	9,9	7,5	16,9	-1,0	-11,4
DM37	20-jul	13:24	V17	12,4	8,6	15,5	-1,0	-8,5
DM37	20-jul	13:27	V16	14,3	9,5	15,3	-1,0	-9,7
DM37	20-jul	13:30	V2	10,5	6,4	17,5	-1,0	-11,1
DM37	20-jul	13:33	V1	6,2	4,4	18,2	-1,0	-15,9

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM38	21-jul	12:30	H49	7,5	5,9	17,3		
DM38	21-jul	12:33	H48	20,9	13,2	13,3		
DM38	21-jul	12:36	H36	6,7	6,5	17,3		
DM38	21-jul	12:39	H47	17,2	11,1	14,1		
DM38	21-jul	12:42	H35	15,8	11,3	15,1		
DM38	21-jul	12:45	H46	18,7	12,4	14,1		
DM38	21-jul	12:48	H45	20,0	12,7	13,2		
DM38	21-jul	12:51	H34	8,8	6,2	17,1		
DM38	21-jul	12:54	H37	17,5	11,8	13,8		
DM38	21-jul	12:57	H38	15,2	10,0	14,7		
DM38	21-jul	13:00	H33	4,4	6,2	14,8		
DM38	21-jul	13:03	H39	14,2	9,6	14,9		
DM38	21-jul	13:06	H32	19,2	13,0	13,4		
DM38	21-jul	13:09	H40	17,1	10,9	14,4		
DM38	21-jul	13:12	H31	16,2	11,0	14,5		
DM38	21-jul	13:15	H30	16,3	10,5	14,8		
DM38	21-jul	13:18	H29	18,6	11,9	14,0		
DM38	21-jul	13:21	H28	13,2	10,2	15,2		
DM38	21-jul	13:24	H41	15,8	10,3	14,8		
DM38	21-jul	13:27	H27	12,6	7,4	16,3		
DM38	21-jul	13:30	H42	27,4	12,7	12,2		
DM38	21-jul	13:33	H43	21,1	13,3	13,0		
DM38	21-jul	13:36	H26	9,2	6,5	16,0		
DM38	21-jul	13:39	H44	15,2	9,0	15,7		
DM38	21-jul	13:42	H25	18,4	11,6	14,3		
DM38	21-jul	13:45	V5	18,8	13,8	13,5		
DM38	21-jul	13:48	V4	16,4	13,6	14,2		
DM38	21-jul	13:51	V3	16,3	12,9	14,1		
DM38	21-jul	13:54	V17	17,3	11,8	14,2		
DM38	21-jul	13:57	V16	17,7	12,6	14,0		
DM38	21-jul	14:00	V2	19,1	13,8	13,5		
DM38	21-jul	14:03	V1	18,0	12,0	14,1		

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM39	24-jul	11:30	H49	35,7	25,1	6,1	-1,0	-10,8
DM39	24-jul	11:33	H48	44,7	30,7	4,5	-1,0	-13,2
DM39	24-jul	11:36	H36	37,6	31,4	6,8	-1,0	0,0
DM39	24-jul	11:39	H47	42,6	29,2	4,7	-1,0	-14,2
DM39	24-jul	11:42	H35	40,7	31,5	4,8	-1,0	0,0
DM39	24-jul	11:45	H46	20,6	19,0	6,9	-1,0	-12,4
DM39	24-jul	11:48	H45	28,5	23,3	5,9	-2,0	-10,6
DM39	24-jul	11:51	H34	16,8	12,5	13,2	-2,0	0,0
DM39	24-jul	11:54	H37	35,6	25,0	5,8	0,0	-8,2
DM39	24-jul	11:57	H38	7,8	7,4	14,7	-1,0	0,0
DM39	24-jul	12:00	H33	5,7	10,9	12,5	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:03	H39	12,6	13,9	10,3	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:06	H32	32,4	18,3	11,1	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:09	H40	17,6	14,0	11,2	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:12	H31	35,2	25,5	6,9	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:15	H30	46,2	32,1	3,8	0,0	-14,4
DM39	24-jul	12:18	H29	21,4	14,1	12,2	-2,0	0,0
DM39	24-jul	12:21	H28	8,4	5,1	15,6	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:24	H41	33,2	21,8	8,6	0,0	-12,2
DM39	24-jul	12:27	H27	38,3	25,5	6,3	-2,0	0,0
DM39	24-jul	12:30	H42	38,6	24,5	6,8	0,0	-13,1
DM39	24-jul	12:33	H43	38,9	25,6	6,4	-2,0	-15,1
DM39	24-jul	12:36	H26	24,0	17,5	8,4	-2,0	0,0
DM39	24-jul	12:39	H44	40,4	25,1	6,1	0,0	-13,5
DM39	24-jul	12:42	H25	28,8	22,7	6,6	-2,0	-10,9
DM39	24-jul	12:45	V5	25,9	19,2	10,3	-2,0	-1,2
DM39	24-jul	12:48	V4	23,9	19,1	11,2	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:51	V3	21,3	16,6	12,3	0,0	-6,6
DM39	24-jul	12:54	V17	27,7	19,3	10,3	0,0	0,0
DM39	24-jul	12:57	V16	41,2	29,6	5,3	0,0	1,9
DM39	24-jul	13:00	V2	33,4	24,7	8,0	0,0	-3,6
DM39	24-jul	13:03	V1	23,1	14,5	12,6	-1,0	-8,7

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM40	28-jul	11:00	H49	38,2	30,7	3,9	1,0	4,9
DM40	28-jul	11:03	H48	51,9	34,7	2,4	0,0	2,4
DM40	28-jul	11:06	H36	44,7	30,4	3,1	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:09	H47	37,8	24,9	0,9	1,0	6,1
DM40	28-jul	11:12	H35	43,8	28,9	3,5	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:15	H46	44,5	30,0	2,4	1,0	7,3
DM40	28-jul	11:18	H45	38,9	27,5	2,9	1,0	7,2
DM40	28-jul	11:21	H34	35,4	25,7	3,8	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:24	H37	54,4	34,4	2,0	0,0	8,8
DM40	28-jul	11:27	H38	37,6	27,1	4,1	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:30	H33	41,2	29,0	3,0	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:33	H39	41,3	28,4	3,7	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:36	H32	44,3	30,1	2,9	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:39	H40	45,3	29,8	3,0	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:42	H31	49,1	32,4	2,3	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:45	H30	48,2	32,8	3,4	1,0	5,7
DM40	28-jul	11:48	H29	43,1	29,6	4,3	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:51	H28	46,8	32,8	3,4	0,0	0,0
DM40	28-jul	11:54	H41	51,2	33,6	2,7	1,0	8,0
DM40	28-jul	11:57	H27	50,8	34,8	2,5	0,0	0,0
DM40	28-jul	12:00	H42	52,4	32,9	2,5	1,0	5,5
DM40	28-jul	12:03	H43	52,5	33,6	2,4	1,0	7,1
DM40	28-jul	12:06	H26	48,8	33,4	3,0	0,0	0,0
DM40	28-jul	12:09	H44	50,7	31,5	3,0	1,0	8,5
DM40	28-jul	12:12	H25	35,5	24,8	7,7	1,0	7,9
DM40	28-jul	12:15	V5	46,3	35,0	3,3	0,0	9,3
DM40	28-jul	12:18	V4	48,2	36,4	2,8	0,0	5,2
DM40	28-jul	12:21	V3	46,3	34,8	3,6	0,0	7,6
DM40	28-jul	12:24	V17	46,6	35,4	3,2	0,0	0,0
DM40	28-jul	12:27	V16	47,7	35,4	3,0	0,0	8,9
DM40	28-jul	12:30	V2	47,4	36,4	2,9	0,0	11,6
DM40	28-jul	12:33	V1	51,2	35,4	2,4	0,0	8,7

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM41	29-jul	15:30	H49	36,7	29,5	6,1	0,0	0,0
DM41	29-jul	15:33	H48	44,1	31,1	4,1	0,0	6,4
DM41	29-jul	15:36	H36	37,2	30,5	6,5	0,0	0,0
DM41	29-jul	15:39	H47	41,5	29,4	4,1	0,0	5,9
DM41	29-jul	15:42	H35	45,4	34,3	3,8	0,0	0,0
DM41	29-jul	15:45	H46	40,6	29,3	3,8	0,0	5,1
DM41	29-jul	15:48	H45	35,1	27,1	3,8	0,0	4,7
DM41	29-jul	15:51	H34	18,9	13,5	12,9	0,0	0,0
DM41	29-jul	15:54	H37	38,4	25,9	5,2	0,0	5,8
DM41	29-jul	15:57	H38	40,3	29,6	4,0	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:00	H33	14,1	17,4	6,3	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:03	H39	44,2	38,7	3,0	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:06	H32	36,1	28,9	6,6	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:09	H40	39,6	28,2	6,2	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:12	H31	42,9	29,9	4,9	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:15	H30	46,2	31,0	4,3	0,0	5,9
DM41	29-jul	16:18	H29	34,1	24,6	5,9	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:21	H28	33,7	23,4	6,4	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:24	H41	46,3	29,7	4,2	0,0	9,2
DM41	29-jul	16:27	H27	37,4	25,2	6,0	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:30	H42	47,4	29,4	4,1	0,0	8,7
DM41	29-jul	16:33	H43	41,6	24,7	7,1	0,0	9,7
DM41	29-jul	16:36	H26	40,0	25,4	4,2	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:39	H44	48,2	29,0	3,1	0,0	0,0
DM41	29-jul	16:42	H25	43,8	28,7	3,9	0,0	8,7
DM41	29-jul	16:45	V5	34,5	24,5	7,8	1,0	11,9
DM41	29-jul	16:48	V4	42,4	31,9	4,6	2,0	10,3
DM41	29-jul	16:51	V3	43,2	32,2	4,3	1,0	10,9
DM41	29-jul	16:54	V17	42,4	31,8	4,7	0,0	4,1
DM41	29-jul	16:57	V16	42,4	32,0	4,5	2,0	10,2
DM41	29-jul	17:00	V2	39,3	29,4	6,1	2,0	11,1
DM41	29-jul	17:03	V1	44,8	31,3	4,2	0,0	8,9

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressão	Q
DM42	30-jul	12:00	H49	41,0	25,7	7,2	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:03	H48	47,4	25,4	7,1	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:06	H36	36,7	29,8	6,9	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:09	H47	36,2	24,6	7,3	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:12	H35	35,9	26,5	7,4	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:15	H46	30,8	20,9	7,6	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:18	H45	32,3	21,4	7,8	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:21	H34	14,4	10,3	14,3	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:24	H37	36,6	23,2	7,6	0,0	-1,2
DM42	30-jul	12:27	H38	18,7	12,4	8,9	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:30	H33	9,2	11,8	9,8	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:33	H39	34,6	26,8	7,5	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:36	H32	36,9	25,4	7,5	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:39	H40	38,7	24,1	7,3	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:42	H31	39,1	24,6	7,3	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:45	H30	35,4	23,4	8,1	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:48	H29	37,6	24,2	7,5	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:51	H28	34,8	26,1	7,7	0,0	0,0
DM42	30-jul	12:54	H41	36,8	23,3	7,8	0,0	-3,2
DM42	30-jul	12:57	H27	35,0	22,7	7,8	0,0	0,0
DM42	30-jul	13:00	H42	35,7	22,5	8,1	0,0	-3,2
DM42	30-jul	13:03	H43	35,7	22,6	7,9	0,0	0,0
DM42	30-jul	13:06	H26	31,4	19,5	8,6	0,0	0,0
DM42	30-jul	13:09	H44	35,8	21,9	8,0	0,0	0,0
DM42	30-jul	13:12	H25	34,8	22,9	7,8	0,0	0,0
DM42	30-jul	13:15	V5	35,0	25,7	7,6	0,0	4,8
DM42	30-jul	13:18	V4	32,1	27,1	8,0	0,0	5,2
DM42	30-jul	13:21	V3	33,8	26,5	7,6	0,0	2,2
DM42	30-jul	13:24	V17	32,9	23,7	8,3	0,0	2,2
DM42	30-jul	13:27	V16	34,2	25,3	7,7	0,0	4,5
DM42	30-jul	13:30	V2	32,3	23,4	9,0	0,0	3,9
DM42	30-jul	13:33	V1	34,8	23,7	7,8	0,0	2,6

Operador	Dia	Hora	Poço	CH4	CO2	O2	Pressãot	Q
DM43	31-jul	15:00	H49	18,5	12,3	14,2	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:03	H48	45,4	31,1	3,9	0,0	-10,6
DM43	31-jul	15:06	H36	49,2	41,9	2,1	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:09	H47	42,4	29,7	4,4	0,0	-14,6
DM43	31-jul	15:12	H35	50,0	37,8	2,3	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:15	H46	23,9	21,9	5,8	-1,0	-14,8
DM43	31-jul	15:18	H45	35,0	26,9	4,2	-1,0	-12,3
DM43	31-jul	15:21	H34	18,6	14,3	13,0	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:24	H37	40,4	29,7	3,5	0,0	-10,3
DM43	31-jul	15:27	H38	44,7	28,5	4,7	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:30	H33	48,0	9,4	11,1	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:33	H39	47,0	31,9	3,9	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:36	H32	37,5	28,8	3,7	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:39	H40	48,8	32,2	2,3	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:42	H31	39,1	27,0	5,4	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:45	H30	46,6	32,6	3,7	-1,0	-15,2
DM43	31-jul	15:48	H29	47,5	32,2	3,7	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:51	H28	42,6	28,1	5,5	0,0	0,0
DM43	31-jul	15:54	H41	44,8	29,6	4,1	0,0	-13,4
DM43	31-jul	15:57	H27	47,6	30,0	3,8	0,0	0,0
DM43	31-jul	16:00	H42	45,7	29,6	4,4	-1,0	-12,4
DM43	31-jul	16:03	H43	43,0	29,7	2,4	-1,0	-11,7
DM43	31-jul	16:06	H26	36,1	23,8	5,5	0,0	0,0
DM43	31-jul	16:09	H44	48,5	29,5	3,3	-1,0	-10,3
DM43	31-jul	16:12	H25	32,6	25,8	5,2	-1,0	-9,7
DM43	31-jul	16:15	V5	37,6	29,5	5,6	0,0	3,7
DM43	31-jul	16:18	V4	48,3	40,4	2,1	0,0	-4,2
DM43	31-jul	16:21	V3	30,5	23,5	9,1	-1,0	-5,1
DM43	31-jul	16:24	V17	38,7	27,5	6,1	-1,0	-5,2
DM43	31-jul	16:27	V16	54,2	37,4	1,5	0,0	3,5
DM43	31-jul	16:30	V2	41,4	32,0	4,5	0,0	-3,5
DM43	31-jul	16:33	V1	27,5	18,6	10,4	0,0	-5,4